MAI THI NGUYEN-KIM

O SĂ RÂZI, TOTUL E CHIMIE !

Mamei mele

Părinții mei sunt cei mai iubitori oameni de pe pământ. De obicei, nu sunt foarte generoasă cu laudele, dar acum o fac din toată inima. Au fost tot timpul o echipă unită, care a luptat neobosit și s-a sacrificat ca să ne ofere mie și fratelui meu un cămin, într-o țară pe atunci necunoscută, și o existență privilegiată, de ale cărei avantaje ne bucurăm și astăzi.

De cele mai multe ori povestesc doar despre tatăl meu, care nu este doar un părinte, soț și chimist minunat, ci ne-a și inspirat, pe mine și pe fratele meu, să-i călcăm pe urme în meseria sa. Însă această carte as vrea să o dedic mamei mele. Ea este cea care m-a format, care s-a decis să stea acasă și să aibă grijă, cu multă dragoste și dedicare, de fratele meu și de mine. Ea este cea care m-a alintat în fiecare zi, m-a susținut și m-a motivat. Meseria pe care și-a ales-o, de mamă cu normă întreagă, m-a transformat în omul care sunt astăzi. Fără mama, cartea aceasta nu ar fi existat. Dacă o să vă placă, vă rog să-i mulțumiți ei.

MAI THI NGUYEN-KIM

O SĂ RÂZI,
TOTUL E CHIMIE !

Cuvânt-înainte

Am fost un bebeluș al naibii de urâțel. Odată venită pe lume, am făcut icter și am refuzat să mănânc și să beau. Părinții mei și-au făcut multe griji și s-au dat peste cap să mă îndoape, chiar și după ce m-am înzdrăvenit. Am devenit un bebeluș gras. În plus, aveam o freză care amintea de un moșulică cu început de chelie. Firește că pentru părinții mei eram cel mai frumos copil din lume.

În calitate de chimistă mă simt deseori ca o mamă cu un copil urât, a cărui frumusețe o poate vedea doar ea. Pentru cei mai mulți chimia este dăunătoare, otrăvitoare, artificială. O materie școlară detestată, de care nu știi cum să scapi mai repede. Să-i conving pe acești oameni că pruncul meu este frumos este o știință în sine.

În cel mai bun caz, oamenii habar nu au de chimie. Se uită la tine cu ochii mari și te întreabă, destul de pierduți: „Și ce poți face cu chimia asta?"

Uneori îmi vine să-mi apuc interlocutorul de umeri, să-l zgâlțâi și să urlu: „TOTUL!!! Chimia este totul!!!" De exemplu, mâncarea gustoasă reprezintă una dintre asociațiile pe care le-am făcut de timpuriu cu chimia. Tatăl meu este și el chimist și un bucătar desăvârșit. El mi-a explicat că toți chimiștii se pricep la gătit. Cine nu știe să gătească nu este un chimist bun. La 13 ani au început să mă intereseze cosmeticele, iar tata mi-a povestit și despre ele. De exemplu, cum arată pigmenții, cum funcționează un spray de volum sau ce valoare a pH-ului are o cremă de față. De când mă știu, chimia a fost parte din viața mea de zi cu zi.

De când studiez această știință nu pot să-mi mai iau gândul de la ea. Fie că beau cafea, mă spăl pe dinți sau fac sport – nu mă gândesc decât la receptorii de adenozină, la fluoruri sau la enzimele metabolice. Când mă plimb sub razele soarelui, gândul îmi fuge la melanină și la vitamina

D, când fierb tăiței, la creșterea punctului de fierbere și la polimeri naturali ca amidonul. Între timp mă descurc onorabil și la gătit. Altfel nu aș fi o chimist ă bună.

*

Oamenii au păreri preconcepute nu doar despre chimie, ci și despre cei care se ocupă cu ea. Deseori mi-e dat să aud că nu arăt ca o chimistă. Confirmarea *teoriei Big Bangului* a scos la lumină specia savanților și a făcut-o frecventabilă, dar a adus cu sine și o mulțime de clișee, cum ar fi că domeniul științific și competențele sociale nu fac casă bună. Este doar una dintre multele prejudecăți cu care avem de luptat. Pentru mulți, oamenii de știință sunt ființe necunoscute, a căror viață se desfășoară în laboratoare sau între rafturile încărcate de cărți ale bibliotecilor. Nimeni nu știe cum arătăm, dacă avem pasiuni sau chiar prieteni. Să fie oare savanții niște simpli muritori? Mda, încă nu s-a stabilit cu exactitate.

În timp ce îmi scriam lucrarea de doctorat, m-am hotărât să dezvălui secretul nostru, al oamenilor de știință, prin intermediul canalului meu Youtube *The Secret Life Of Scientists – Viața secreta a savanților.* Mi-am dorit ca filmuletele mele să dea o față științei. Am vrut să arăt nu doar că ea poate fi cool, dar și că oamenii de știință pot fi cool. Această misiune reprezintă un proiect de cercetare complicat la care lucrez și astăzi. Între timp, produc canalul Youtube *maiLab* și sunt moderatoare a emisiunii *Quarks* la WDR.

De ce m-am hotărât să scriu și o carte? Pentru că vreau să dau frâu liber gândurilor mele. Această carte este o invitație în universul meu de chimistă. În plus, îmi doresc ca ea să dezvăluie puțin din viața mea cotidiană ca jurnalistă de știință și vlogger pe Youtube. Mai presus de toate, îmi doresc ca, prin intermediul acestei cărți, să aveți ocazia să priviți chimia adânc în ochi și să vă lăsați cuprinși în mrejele ei. Dacă încrederea mea în umanitate și în curiozitatea ei nu mă înșală, atunci după lectura acestei cărți nu doar că veți realiza cum chimia înseamnă totul, dar poate veți

recunoaște chiar că este o știință minunată.

OCD – Manifestare obsesiv-chimică



TROP-TROP-TROPU! Mai că nu cad din pat de frică. Inima mi-a luat-o razna și simt cum stă să-mi sară din piept.

„Matthiiiiiiiaaaaaaaaaaas”, îmi vine să urlu nervoasă, dar se pare că vocea mea nu s-a trezit încă. Corpul meu se află într-o stare ciudată de semitrezie și luptă corp la corp, așadar mă arunc pe Matthias, mai precis pe telefonul lui mobil, și, dintr-o lovitură sălbatică, reușesc să opresc alarma nemiloasă. La naiba, este șase dimineața.

Matthias are prostul obicei de a se trezi de două ori pe săptămână în mijlocul nopții, ca să alerge. Din păcate, asta înseamnă că eu trebuie să mă trezesc înaintea lui, dacă nu vreau să-mi încep ziua cu toți hormonii stresului activați.

Dimineața, prefer să mă trezesc pe o muzică angelică în surdină, nu cu palpitații. În schimb, Matthias are nevoie de minim o sută de decibeli și de acest îngrozitor TROP-TROP-TROP ca să se desprindă din pat. În aceste condiții, îmi pun ceasul să sune cu un minut înaintea lui, ca să mă pot pregăti mental pentru stresul ce va urma. Doar că azi habar nu am avut de planurile lui sportive.

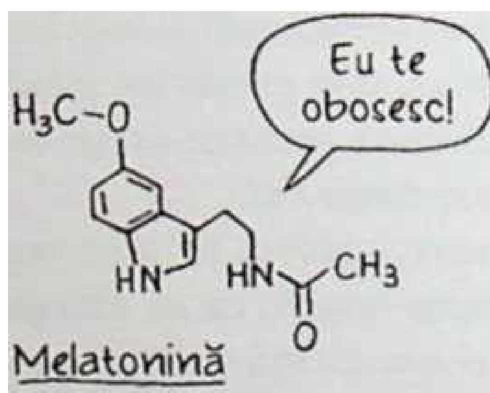
Dau draperiile la o parte, ca să-i scad lui Matthias concentrația de melatonină.

— Matthias, reușesc în sfârșit să îngaim.

— Hmm, mormăie el, încă în brațele lui Morfeu.

Incredibil.

Molecula melatonină mai este alintată și hormonul somnului. Este produsă de o glandă mică, localizată în mijlocul creierului. Este vorba despre glanda pineală. Porecla de hormonul somnului nu este întâmplătoare. Melatonina joacă un rol important în ritmul nostru circadian (lat. *Circa dies,* „de-a lungul zilei”), așadar în ritmul nostru interior somn – trezie. Cu cât concentrația de melatonină este mai mare, cu atât ne simțim mai obosiți. Din fericire, lumina ajută la scăderea concentrației. Încet-încet pare să-și facă efectul și asupra lui Matthias.



Privesc lumea obsesiv în molecule. Pentru mine este o obsesie dragă. Ai putea spune că sufăr de OCD – boala obsesiv-chimică. Mi se pare trist că restul lumii trăiește fără să se gândească la molecule. Nici nu știe ce pierde. La urma urmei, toate lucrurile interesante se explică prin chimie. Chiar și voi, cei care citiți aceste rânduri, nu sunteți decât o grămadă de molecule care citesc despre molecule. La rândul lor, chimiștii nu sunt decât o grămadă de molecule care se gândesc la molecule. O experiență aproape spirituală.

Cum arată dimineața mea în molecule?

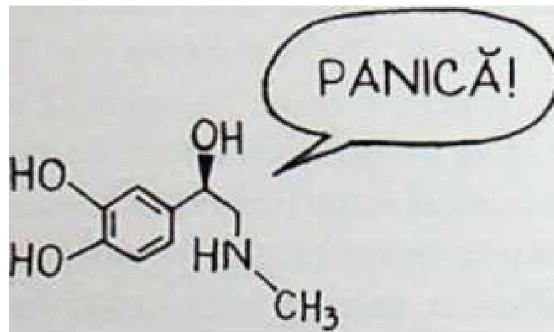
În principal, de nivelul de bună dispoziție cu care ne dăm jos din pat dimineața sunt responsabile două molecule. Dintr-una, melatonina, avem nevoie mai puțin, în vreme ce din alta, mai mult: hormonul stresului, cortizolul, care se secretă automat dimineața. „Hormonul stresului” sună stresant, dar, în cantități moderate, cortizolul ne ajută să ne punem pe picioare. Acest serviciu suplimentar, oferit cu amabilitate de corp, nu are de obicei nevoie de ceas deșteptător. Însă tropăitul alarmei a fost un pic cam mult pentru mine și mi-a declanșat o reacție de tip *fight or flight:* luptă-sau-fugi. Un sistem de alarmă testat încă din preistorie, când viața îți este amenințată.

La fel ca durerea, în general stresul reprezintă o reacție corporală bine-venită. Dacă durerea ne dă de înțeles că ceva nu este în ordine, stresul ne ajută să scăpăm cu viață, închipuiește-ți că te plimbi prin Epoca de Piatră și dai nas în nas cu un tigru cu dinți sabie (corect ar fi pisică cu dinți sabie, dar să rămânem la tigru, pentru dramatism). Dacă în acel moment corpul nu ar secreta o cantitate onorabilă de hormoni ai stresului, care să te ajute să reacționezi urgent, nu garantez că ai scăpa viu. În acea clipă, fie pui mâna pe suliță (te lupți), fie te cațări imediat în primul copac care îți iese în cale (fugi)!

Trebuie să plecăm de la premisa că și în tigru se declanșează o reacție similară. Nici până astăzi nu este sigur că oamenii se aflau pe meniul tigrului cu dinți sabie. Până una alta, oamenii erau și ei „animale de pradă”. O astfel de întâmplare putea fi doar întâlnirea dintre doi vânători redutabili. Reacția luptă-sau-fugi a apărut înaintea oamenilor și este implantată ca sistem de alarmă în multe animale. Cum funcționează? Prin intermediul moleculelor, desigur.

Moleculele care dormitează în corpul nostru trebuie activate mai întâi cu ajutorul unui stimul. În Epoca de Piatră el lua forma tigrului, astăzi devine deșteptătorul-monstru al lui Matthias. Acest semnal acustic declanșează un impuls nervos de la creier prin măduva spinării și până în glanda

suprarenală. Alături de glanda pineală, glanda suprarenală constituie una dintre cele mai importante fabrici de hormoni din corpul nostru. Acest impuls nervos face ca glanda suprarenală să secrete probabil cel mai cunoscut hormon al stresului: adrenalina. Ea este pompată prompt în sânge și își croiește drum către diverse organe. Un hormon nu este altceva decât o substanță-mesager, o moleculă care transmite mesaje importante. În acest caz mesajul sună cam așa: PANICĂ!



Adrenalina

În timp ce adrenalina se rostogolește în sânge și apoi dispare imediat, un alt hormon se pregătește să intre în lupta cu stresul: ACTH *(hormonul adenocorticotrop)* se produce în glanda pituitară și pornește prin sânge spre glanda suprarenală, tabăra de bază a sistemului luptă-sau-fugi.

Nu ajunge bine, că și declanșează o serie de reacții chimice în lanț. Îmi place să mi le închipui ca într-o scenă de luptă din filme. Nici nu a declanșat bine alarma solia, adrenalina, și ACTH preia comanda, agitându-și pumnii gata de atac, mobilizând armata și pornind lupta. Al doilea hormon al stresului, cortizolul, se pune și el în mișcare, îndreptându-se spre cele mai importante organe.

Hormonii pot declanșa o multitudine de reacții în corp. O reacție de tip luptă-sau-fugi duce la creșterea pulsului, intensificarea fluxului sangvin (după mottoul: FUGI!), irigarea scăzută a sistemului digestiv (după mottoul: Lasă totul baltă, avem lucruri mai importante de făcut!), respirație adâncă, pupile mărite, transpirație, piele de găină și o atenție crescută.

Toate aceste reacții declanșate de hormonii stresului din

corpul meu m-au trezit brusc, dar sentimentul că mă aflu în pericol de moarte este neplăcut. Însă nu moleculele sunt de vină. Corpul nostru este programat să reacționeze în baza unei chimii a supraviețuirii. Bietele molecule de stres nu au de unde să știe că deșteptătorul lui Matthias nu reprezintă un pericol de moarte. Ele nu vor decât să ne ajute.

Problema este existența noastră modernă încărcată de stres. La scoală, la serviciu, în interacțiunea cu ceilalți oameni. Cu toate acestea, puține situații ne pun cu adevărat în pericol de moarte. În consecință, efectele stresului cronic se răsfrâng asupra sănătății. Pentru ca moleculele să nu o ia razna complet, sistemul nostru de gestionare a stresului are o reacție negativă în buclă, care tempereazǎ panica din corp. Pentru asta trebuie să–i mulțumim cortizolului, hormonului de stres cu autodisciplină. În vreme ce adrenalina ia viguroasă cu asalt sistemul nostru circulator, iar după aceea dispare, cortizolul își petrece mai mult timp în corp și temperează secreția de ACTH și implicit și propria secreție.

Prin comparație, o chimie matinală perfectă ar arăta așa: încă mai dorm, când primele raze de soare se strecoară jucăuș printre pleoapele mele până ajung pe retină. Aceasta este conectată cu creierul prin nervul optic. În glanda pineală secreția melatoninei, a hormonului somnului, este oprită. Cum glanda pineală este conectată indirect cu nervul optic, ea mai este numită și „al treilea ochi”. Sună ezoteric, dar nu este chiar așa. La amfibii, glanda pineală chiar reprezintă al treilea ochi, pentru că ea este sensibilă la lumină.

În vreme ce nivelul meu de melatonină scade încet, este secretată o cantitate rezonabilă de cortizol. Iată modul ideal în care ne putem trezi din somn.

Când vine vorba de somn, Matthias este foarte sensibil la lumină. Nu poate dormi decât cu ochelari de somn. Blocând orice rază de lumină, nivelul lui de melatonină nu scade dimineața atât de repede. Asemenea luminii artificiale, și întunericul artificial ne dă peste cap ritmul circadian. Avem parte de amândouă în cantități mari în

viața de zi cu zi, iar asta ne defectează ritmul interior. Eu cred că Matthias nici nu ar avea nevoie de monstrul acela de ceas, dacă s-ar hotărî să renunțe la ochelarii de somn. Pe de altă parte, Matthias crede că sistemul său de melatonină este foarte sensibil și că fără chestia aia matlasată de pe nas nu ar putea dormi cât are nevoie.

Hiba din ambele argumentații o constituie faptul că melatonina nu este, de fapt, un hormon al somnului. La animalele active în timpul nopții nivelul acestui hormon crește noaptea. Privit astfel, ai zice mai degrabă că e un hormon al treziei. Din cauza unei mutații genetice, șoarecii de laborator aproape că nu produc melatonină, dar asta nu-i împiedică să doarmă liniștiți. Hopa, stai așa! Deci melatonină nu ni-l aduce pe moș Ene pe la gene? Mda, ce pot să zic. Pe de altă parte, există mai multe studii care demonstrează că melatonina constituie o terapie eficientă la insomnii sau pentru cei care nu reușesc să adoarmă decât foarte greu. Hm... Și de aici încotro? într-adevăr, cercetătorii încă nu au putut stabili cu certitudine care este relația clară dintre melatonină și somn. Atât timp cât nu este clar dacă melatonina ne adoarme, eu și Matthias putem discuta mult și bine despre ochelarii lui de somn.

Cred că ar trebui să știți un lucru, și asta cel mai bine din primul capitol: cine vrea să înțeleagă știința ar trebui să se dezvețe să caute răspunsuri simple. Poate părea complicat la început, dar vă promit: gândirea științifică nu face lumea mai aridă, ci mai colorată și mai plină de minuni. Hai să fim cu toții de acord că melatonina nu este un „hormon al somnului”, ci un „hormon al nopții”, care îi traduce corpului ce văd și ochii noștri: că se întunecă.

Pentru disputa mea și a lui Matthias despre melatonină, un experiment pe termen lung ne-ar putea lumina (atât pe noi, cât și retina lui Matthias). Problema este că experimentele cu doi participanți nu sunt relevante statistic. Așa că ne mulțumim cu discuția.

Merg la bucătărie să-mi fac o cafea. Recomandat ar fi să bei prima cafea la o oră după ce te-ai trezit, nu imediat.

Injecția matinală de cortizol reprezintă deja o modalitate naturală a corpului de a se trezi. La rândul ei, cofeina stimulează și ea producția de cortizol. Te-ai putea gândi că nu poate fi idee mai bună decât să adaugi la cantitatea matinală de cortizol încă o porție bună de hormoni din cafea! Din păcate (sau din fericire), corpul nostru nu funcționează așa. El este adeptul cumpătării. Poți să fii sigur că pe termen lung se va învăța cu energia din cafea, limitând propriile servicii de management al stresului matinal. De aceea mai bine aștepți cam o oră, până scade cortizolul natural, și abia apoi suplimentezi cu cafea.

Însă când mă simt ca și cum cortizolul de dimineață s-ar fi evaporat brusc, n-am ce să fac și mă îndrept spre ceașca salvatoare. Ea este apărătorul meu în lupta contra oboselii care m-a cuprins din nou.

Dacă nu vă este prea cald, vă invit să vă turnați o ceașcă de cafea, ceai sau altă băutură fierbinte la alegere, pe care o puteți sorbi în liniște, în vreme ce lecturați următoarele paragrafe. Nu există modalitate mai bună de a privi lumea în molecule ca o băutură caldă. Când îmi pun ceașca aburindă în fața mea, pe masă, în scurt timp se va încălzi și masa. Și dacă aștept mai mult, cafeaua se va răci. V-ați întrebat unde se duce căldura?

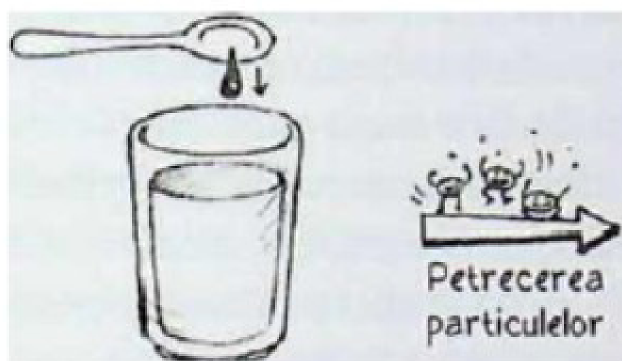
Cu întrebarea asta tocmai am atins una dintre temele mele preferate: modelul particulelor. Poate nu pare foarte interesant momentan, dar aveți un pic de răbdare și vă garantez că veți fi fascinați. Modelul particulelor spune că fiecare substanță din univers este compusă din particule. Pot fi atomi, molecule – de fapt, nici măcar nu contează cum arată exact. În pofida acestui mod simplist de a privi lucrurile, prin intermediul acestui model putem, pe de o parte (sau părticică, particulă, ha ha ha), să descriem surprinzător de bine lumea. De exemplu, cafeaua mea.

Când beau cafea, beau particule de cafea. Sau particule de ceai, în funcție de băutura aleasă. Să ne imaginăm aceste particule ca pe niște biluțe invizibile cu ochiul liber. În realitate, este vorba în principal de molecule de apă, un pic de cofeină (sau teină, de fapt aceeași moleculă) și

câteva alte molecule, cum ar fi aromele. Aceste particule se mișcă încontinuu. Putem vedea asta, chiar dacă nu putem privi cu ochiul liber moleculele.

Cum? Simplu: luați un pahar de apă potabilă și puneți în el un strop de cafea (cerneala e și mai potrivită, dar dacă tot beți cafea...). Chiar dacă nu mișcăm paharul de pe masă și nu amestecăm lichidul, este doar o chestiune de timp până când stropul de cafea se va răspândi peste tot. Nu mă aștept să vă impresionez cu observația asta. Vreau doar să vă atrag atenția câte se întâmplă într-un simplu pahar cu apă. O debandadă și o forfotă, ce mai, o adevărată petrecere a particulelor! As vrea să vă invit la această sărbătoare – pentru că exact aici începe chimia.

De încercat acasă – experimentul nr. 1



Un strop de cafea sau de cerneala adăugat într-un pahar cu apa.


Cafeaua sau cerneala se împrăștie în apă.

Apropo: paharul cu apă, ceașca de cafea, masa, podeaua pe care stă masa, aerul și desigur, chiar și noi, tu și cu mine, suntem alcătuiți din particule. Și ele se mișcă! Practic nu există repaus. Exact în acest moment, peste tot – în ceașcă, sub picioarele tale și în corpul tău – se dă o petrecere a particulelor, doar că tu nu le poți vedea.

Ai să te întrebi ce rost are să-ți închipui o lume din multe particule T, minuscule, dacă oricum nu le poți observa? (Nu punem la socoteală faptul că eu, cel puțin, consider că este foarte tare să îți închipui așa ceva.) în acest fel îți poți explica cum se formează diversele stări de agregare: solidă, fluidă și gazoasă. În funcție de mobilitatea particulelor, substanța este solidă, lichidă sau gazoasă.

Ceașca mea de cafea este solidă, pentru că particulele ei se mișcă puțin. Ele sunt prinse între ele prin legături moleculare. Vom discuta mai târziu în detaliu despre legăturile chimice, dar deocamdată să ne imaginăm această situație moleculară: te înghesui la un concert într-o mare de oameni și abia te poți mișca, dar asta nu te împiedică să țopăi cât te țin puterile. Așa este și cu particulele dintr-o substanță solidă cum este ceașca de cafea.

În conținutul lichid al ceștii, cafeaua, particulele sunt mai mobile, chiar dacă și ele interacționează mult. Este zona din fața scenei la concert, acolo unde oamenii se dezlănțuie și sar încontinuu. Dar cele mai sălbatice sunt moleculele de aer, cele gazoase. Ele se mișcă fără să țină cont de vecinele lor.

Pentru ele trebuie să-ți închipui o zonă de concert extinsă, pe care participanții pot să alerge și chiar să se dea peste cap nestânjeniți.

Ca să treci dintr-o stare de agregare în alta trebuie să modifici temperatura. Știm asta din exemplul clasic cu apa. Dacă încălzim apa solidă, adică gheața, se topește și se transformă în lichid. Dacă o încălzim și mai mult, se evaporă și se transformă în gaz. Dacă în acest moment aburii de apă se lovesc de o suprafață rece, ca oglinda din baie, ei se condensează, adică apa devine din nou lichidă. Dacă continuăm să răcim apa, ea va îngheța.

La mintea cocoșului, de ce vă mai povestesc oare asta? Pentru că am o mică surpriză pentru voi: <u>temperatura nu este nimic altceva decât mișcarea particulelor.</u> Cu cât mai fierbinte, cu atât mai rapidă, cu cât mai lentă, cu atât mai rece. Nu este extraordinar să ai o definiție moleculară a temperaturii? Nu vă satisface mai mult decât o temperatură măsurată cu un termometru?

Dacă priviți acum ceașca de cafea aburindă, înțelegeți mult mai bine că, atunci când lichidul este fierbinte, moleculele de apă se mișcă repede și se lovesc unele de altele. Cele care se transformă în aburi sunt atât de rapide și au nevoie de atât loc, că în înghesuială ies din ceașcă și

se transformă în aburi.

Cum se transmite căldura din cafea în ceașcă și apoi pe masa din bucătărie? Transmiterea căldurii este rezultatul coliziunii dintre particule și a transferului de energie cinetică. Particulele de cafea o iau razna în ceașcă, iar în mișcarea lor dezordonată se tot lovesc de marginea recipientului, închipuiți-vă niște mașinuțe într-un parc de distracții. Când particulele de cafea se lovesc de margine, particulele ceștii se activează și ele și încep să vibreze mai repede. La rândul lor, ele se lovesc de particulele mesei din bucătărie și le fac și pe acestea să vibreze mai puternic. Deoarece căldura se transmite mereu mai departe către un loc mai rece, masa de sub ceașcă se încălzește.

Acum înțelegem de ce cafeaua se răcește la un moment dat: din același motiv pentru care un pendul pornit se va opri cândva. Ca la mașinuțe, particulele se frânează unele pe altele prin coliziune, până când toate ajung la temperatura, respectiv la viteza din spațiu.

Toate particulele, dar și întregul Univers, cu tot ce conține el, se supun primului principiu din termodinamică. Este vorba despre principiul care spune că energia se conservă în timp, ea nu poate fi creată sau distrusă, ci doar transformată dintr-o formă în alta. Putem spune și așa: cantitatea de energie a unui sistem rămâne mereu constantă. Când o particulă preia mai multă energie, atunci aceeași cantitate de energie se va pierde din alt loc. La o coliziune, dacă o particulă transmite energia sa cinetică alteia, aceasta din urmă va accelera, în timp ce prima va încetini. Dacă nu, ar însemna să producem energie din nimic, iar asta este imposibil. Nici să distrugem energie nu se poate, fiind contrar principiilor termodinamicii. Acesta este motivul pentru care poți scoate ușor din pepeni un fizician sau un chimist, dacă îi vorbești despre „pierderile de energie”. (Dacă cunoașteți un fizician sau un chimist, faceți un experiment.)

Înainte să ne întoarcem la treburile mele de zi cu zi, un ultim experiment mental interesant cu modelul particulelor,

poate chiar cel mai interesant dintre toate: indiferent unde vă aflați acum, obiectele din jurul vostru se simt mai calde sau mai reci. Într-o cameră închisă, toate obiectele au aceeași temperatură, cea din cameră. Și atunci de ce o lingură de metal pare mai rece decât una de lemn?

Pentru că în acest spațiu un singur lucru nu este la temperatura camerei, și anume corpul vostru. El o are pe a sa proprie, temperatura corpului, în general mai ridicată decât cea a camerei, sau cel puțin eu asta vă doresc din suflet. Când puneți mâna pe o lingură sau pe o masă de lemn, nu simțiți altceva decât propria temperatură a corpului! Când căldura este transmisă repede, obiectul se simte rece, când este transmisă lent, obiectul se simte cald.

Când pun mâna pe o lingură, particulele din mâna mea se lovesc de cele din lingură și le fac să vibreze. Cu cât atomii de metal din lingură vibrează mai repede, cu atât ea se încălzește mai mult. Metalul este un bun conductor de căldură. Când particulele de metal se lovesc de particulele din degetul meu, mișcarea se transmite cu ușurință prin lingură. Metalul este un bun conductor datorită legăturilor chimice din metal. Vom vorbi mai pe larg despre asta în *Capitolul 8.* Pentru început, închipuiți-vă legăturile din metal ca pe un sistem de cățărare din corzi. Dacă un copil sare sau se mișcă pe sfori, atunci mișcarea se transmite rapid în întreaga rețea. Un alt copil de la celălalt capăt al rețelei se va legăna și el automat. În același timp, mișcarea copilului care sare va fi atenuată de principiul conservării energiei. Acesta va încetini, pentru că transmite energia sa cinetică în rețea și celuilalt copil. Mișcarea lui va fi atenuată. Din punct de vedere termodinamic, asta înseamnă că el va încetini, va avea mai puțină energie, adică mai puțină căldură.

Există și sisteme de cățărare cu bare fixe. În acest caz, săriturile primului copil nu-l vor influența foarte mult pe al doilea. Mișcările nu vor fi atenuate și nici transmise în altă parte, motiv pentru care primul copil se va mișca mai repede și va genera mai multă căldură. În general, un astfel de spalier din lemn este un conductor slab. Când pui mâna

pe o masă de lemn, faci să vibreze doar acele particule din imediata apropiere a mâinii. Vibrația și mișcarea nu se transmit ușor prin acest material, care este mai cald la atingere decât o lingură de metal.

Dacă temperatura nu este altceva decât mișcarea particulelor, atunci al doilea principiu al termodinamicii este ușor de înțeles. Potrivit acestuia, căldura se transmite mereu de la cald la rece și niciodată invers.

Dacă puneți o sticlă de Cola într-o găleată cu gheață, răceala nu se va transmite din gheață în sticlă, ci invers. Căldura din sticlă se transmite în cuburile de gheață, acestea se încălzesc și, astfel, sticla se răcește.

Data viitoare când cineva mai exclamă „închide fereastra că intră frigul”, faceți bine și reacționați la o astfel de aberație termodinamică și răspundeți-i: „Vrei să zici că iese căldura!” Iar dacă vă mai și enervați când cineva vorbește despre „consumul de energie”, atunci înseamnă că deja puteți să vă integrați fără probleme în lumea ciudaților. Felicitări, ați trecut examenul la Introducere în chimia fizică! Și nici nu ați terminat încă să vă beți cafeaua de dimineață.

Matthias intră în bucătărie și mă mângâie vinovat pe cap.

— Scuze, am uitat să-ți spun că azi ies la alergat.

— E în regulă, răspund eu, oricum trebuie să revin la programul normal de somn.

Deși știu ce zice teoria, îmi place să dorm mai mult la sfârșit de săptămână. Astfel mă transpun de fiecare dată într-un, jetlag social”. Ritmul meu circadian nu distinge între zilele lucrătoare și sfârșitul de săptămână. Sâmbăta și duminica sunt minunate, însă constituie un concept modern, social, abstract, pe care corpul nostru nu-l pricepe. Nivelul nostru natural de melatonină se orientează mai mult sau mai puțin după soare. Dar eu sunt obosită moartă la răsăritul soarelui și mă duc la culcare foarte târziu. Viața mea cu cafea, lumină artificială și monștri deșteptători îmi expune permanent corpul la stimuli nepotriviți. Cercetătorii au putut observa că o săptămână cu cortul în natură,

departe de cafea, lumină artificială și telefoane mobile reglează ciclul de melatonină și îl ajustează din nou la ritmurile naturale. Păcat că nu-mi place să merg cu cortul.

Însă un lucru este interesant: în mod obișnuit, ceasul nostru interior funcționează și fără lumină. Pe această planetă pe care ziua are 24 de ore, am evoluat în așa fel încât ceasul nostru interior să fie ajustat la zilele de 24 de ore. Lumina ne ajută să ne reglăm ceasul, adică să sincronizăm zilele și să ne acomodăm la schimbările de fus orar.

În 2017, premiul Nobel pentru medicină a fost acordat unor cercetători americani, trei la număr, care au descifrat ceasul interior. Pentru asta au ținut musculițe în două camere pe care le-au denumit „New York” și „San Francisco”. Lumina a fost ajustată în funcție de fusul orar din cele două orașe de pe coastă. Musculițele au fost puse de mai multe ori într-un „avion” (un borcan) și trimise în călătorie în celălalt „oraș”. Americanii au observat cum reacționau musculițele la diferența de fus orar de 3 ore.

Astfel au aflat că două gene diferite sunt esențiale pentru ceasul nostru interior. Când vine vorba de gene, abia atunci chimia devine cu adevărat captivantă. ADN-ul nostru nu este doar o simplă moleculă, ci se ocupă la rândul lui de producția altor molecule vitale. În genele noastre sunt codate toate informațiile necesare supraviețuirii, inclusiv cele despre ceasul nostru interior. Acest cod poate fi citit și tradus prin producția de proteine realizată de gene. Cu alte cuvinte: genele vin cu planul, proteinele îl pun în practică. (Proteinele sunt molecule foarte istețe despre care vom mai auzi în această carte.)

La rândul lor, cele două gene responsabile de ceasul interior produc două proteine. Ulterior cele două se combină și în acest binom sudat reușesc să pună în practică planul genelor: să își inhibe propria producție. Da, ați citit bine. Aceste proteine sunt produse ca să-și stopeze producția. Astfel propriile genele nu mai pot fi „decodate”. Așa cum se întâmplă în cazul cortizolului și al stresului,

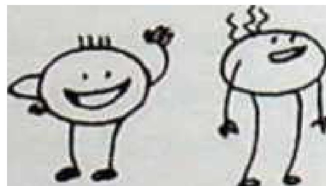
avem de-a face cu o reacție de feedback negativ. Când nu se mai produc proteine noi, concentrația scade. La final, concentrația este atât de scăzută, că decodarea genelor nu mai poate fi inhibată, iar producția de proteine se reia. Întregul ciclu durează aproape exact 24 de ore. Ziua și noaptea sunt codate în genele noastre. Eu, una, am senzația că ceva nu e în regulă cu genele mele. Sunt convinsă că sunt programată pentru o zi de 30 de ore, pentru că aș avea nevoie de zile mai lungi și de mai mult somn. Mi-ar plăcea să mă studieze cineva la un moment dat.

— Trebuie să plec, îmi spune Matthias.

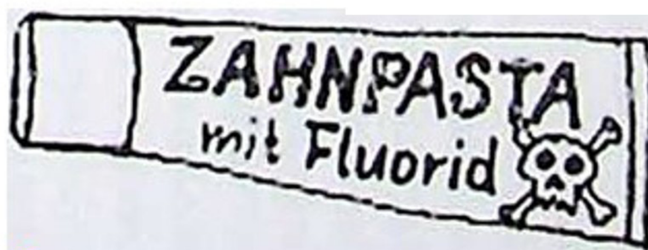
Telefonul meu mobil vibrează. Mă uit și văd uimită că este

Christine. S-a trezit deja la ora asta?

„Cred că Jonas a murit”, îmi scrie. „Te sun imediat”, îi răspund. Matthias, echipat deja pentru alergare, mai bagă o dată capul pe ușă și mă întreabă dacă să-și ia cheile.



Moartea vine prin pasta de dinți



— Unde ești? o întreb pe Christine când îmi răspunde în sfârșit la telefon.

— Mă îndrept spre laborator.

Pare enervată.

— Deci ce e cu Jonas?

— De la el vin, pufăie ea.

— Ai dormit la el? Cum…

— Mai, mă întrerupe. El folosește PASTĂ DE DINȚI NATURALĂ.

— Cum?

— Fără fluoruri.

Fir-ar să fie, mă gândesc. Jonas este un fizician drăguț

cu care Christine are o idilă de vreo câteva săptămâni. Îl știm de mai demult prin amicul său Hannes, și el fizician. Deși Jonas arată senzațional, Christine nu a fost niciodată interesată de el. Aș spune despre ea că este o sapiosexuală, se simte atrasă emoțional și fizic doar de oamenii inteligenți. Christine a devenit brusc interesată doar când Hannes ne-a povestit că Jonas a fost mereu cel mai bun din clasă și că este inteligent foc. Cu atât mai mult ne sperie că folosește pastă de dinți fără fluoruri.

— Ești sigură? o întreb. Poate era doar ambalajul, în ziua de azi toți sunt înnebuniți să-ți vândă numai chestii bio. Există și pastă de dinți cu ierburi și fluoruri.

— Nu, scria mare „FĂRĂ FLUORURI”. Și am citit și lista de ingrediente.

— Aha1. Și ce conține, dacă nu are fluoruri? Care este înlocuitorul? Ai…

— Nu despre asta este vorba, mi-o taie ea.

Aoleu! Dacă nu are chef să discute despre substanțe, e groasă.

— Sunt bulversată. Cred că din momentul ăsta Jonas nu mai există pentru mine.

Diagnostic „moarte prin pastă de dinți”, mă gândesc. Nu că este ironic? Taman lucrul de care se teme Jonas cel mai mult.

— Dar l-ai întrebat? Poate nu a fost atent când a cumpărat-o.

— Jonas zice că fluorurile se depun pe glanda pineală. Dar habar n-are unde se găsește glanda în corp!

Ce vrei, fizicienii nu sunt chimiști, îmi trece prin minte.

— Hidroxiapatită, răbufnește Christine.

— Ce?

— Înlocuitoare a fluorurii din pasta de dinți, îmi zice.

Ridicol.

— Hidroxiapatită ca în smalțul dinților?

— Da! Cum de se permit astfel de lucruri?

— Interesant, zic eu.

— Fă te rog un filmuleț despre asta, mă îndeamnă Christine.

Am ajuns la laborator. Vorbim mai târziu.

Un videoclip despre fluoruri și pasta de dinți ar fi o idee foarte bună, mă gândesc eu. Multora li se pare curios că am studiat chimia și am făcut un doctorat, doar pentru a sfârși acum în zona media. Eu, în schimb, fac asta din convingere. Ca om de știință nu trebuie neapărat să stai închis în laborator, ca să fii de folos omenirii. Este la fel de important să discuți despre știință. Pentru necunoscători, este foarte dificil să ajungă la informațiile științifice ușor de înțeles și, în același timp, corecte. Pe internet sunt vehiculate multe neadevăruri sau jumătăți de adevăruri, care sunt vândute cu îngrozitor de multă convingere. Informațiile pe care te poți baza le găsești în cărțile de specialitate și în rezultatele ultimelor cercetări din jurnalele științifice. Să le parcurgi, în special pe ultimele, poate fi un coșmar, chiar și pentru experți. Știința este ca un club elitist cu limbaj secret. Este folosit doar de specialiști, ca să se înțeleagă între ei. Pe de altă parte, este absurd că un necunoscător nu îi poate înțelege, pentru că mare parte din cercetări sunt finanțate din bani publici.

Plătitorii de taxe nu reușesc să priceapă pe ce se duc banii lor. De aceea cred că nu strică să avem mai mulți oameni de știință pe Youtube și la televizor, care să „traducă”.

În vreme ce îmi iau micul dejun în liniște, ce-ar fi să începem să vorbim despre diferența dintre fluorură și fluor. Tema se potrivește perfect cu tigaia mea de teflon în care sparg oul. Țineți minte asta în timp ce eu vă ofer un pic de context: fluoridele sunt o formă a elementului fluor. Uitați-vă în tabelul periodic al elementelor (de exemplu, la sfârșitul cărții). Veți găsi fluorul (F) în a șaptea grupă principală. Elementele acestei grupe se mai numesc și halogene. Fluorul este un gaz al cărui miros aduce cu clorul, renumitul halogen din bazinele de înot. În treacăt fie spus, sper că nu veți fi puși niciodată în situația de a mirosi fluor, pentru că este un element deosebit de periculos.

Asta înseamnă că inclusiv cantitățile infime de fluor din aer v-ar putea coroda ochii sau plămânii. Acest

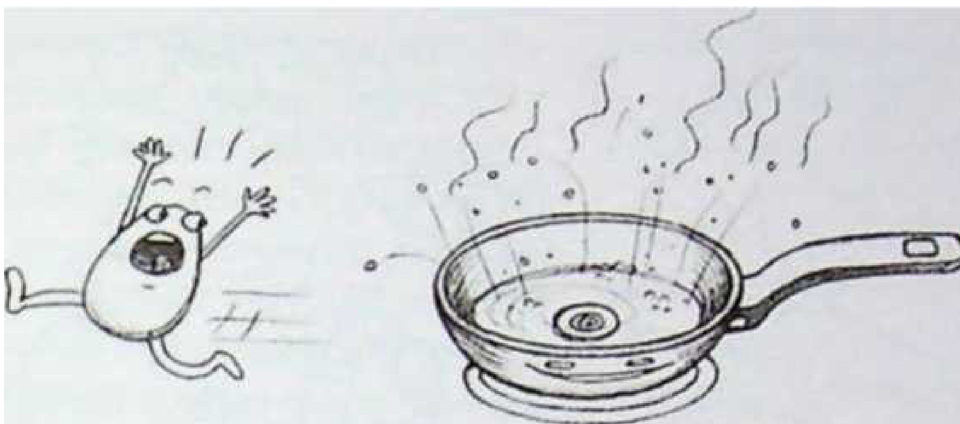
comportament agresiv este pus pe seama reactivității înalte a fluorului. În principiu, cu cât o substanță intră mai ușor în reacție cu alta, cu atât devine mai periculoasă, deoarece scapă de sub control. Există și alte motive pentru care substanțele pot fi periculoase sau otrăvitoare, dar despre ele vom vorbi mai târziu. 0000

Fluorul se combină cu apa și rezultă acidul fluorhidric. Turnat din greșeală pe mână, nu va arde doar pielea, ci își va croi rapid drum spre os și-l va topi. Prin comparație, acidul clorhidric pare mic copil.

Așadar: stați departe de fluorul în stare pură și de acidul fluorhidric. Pentru asta aveți grijă la... nimic. Pentru că, spre norocul nostru, ambele substanțe nu apar în natură (și în pasta de dinți). Asta se datorează altui principiu general: cu cât o combinație este mai reactivă, cu atât apare mai rar în natură. Logic. Dacă fluorul este atât de agresiv, că intră în reacție cu aproape orice, atunci el este deja neutralizat în natură.

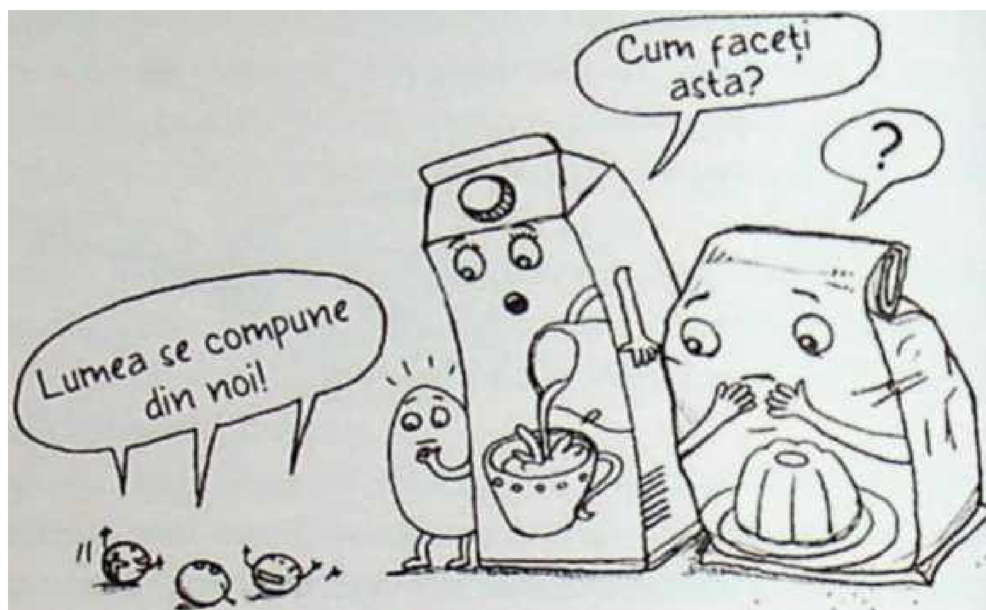
Acidul fluorhidric se poate produce în laborator. Nu pentru a pune stăpânire pe lume, ca niște chimiști nebuni ce suntem, ci pentru ouă ochiuri. Într-un laborator bine dotat tehnic îți poți alege partenerul de reacție chimică al acestui acid. Iar cu partenerul corect se poate produce politetrafluoretilenă, pe scurt PTFE sau, cu alte cuvinte, teflon! Și uite așa ne-am întors la tigaia mea și la oul de dimineață.

Dar cum rămâne cu atomii de fluor din tigaia mea de teflon? Voi găsi fluor în ou? Bună întrebare, acum e acum.



Cele mai multe elemente, oricât ar fi ele de reactive și agresive, au și o formă stabilă, nereactivă. Capacitatea unui atom de a fi agresiv sau, mai degrabă, nereactiv este dată de compoziția lui internă. La fel ca în viață, și în chimie valorile interne contează (aproape întotdeauna, nu și în modelul particulelor).

Deseori ne imaginăm atomii ca pe cele mai mici particule, componente minuscule ale lumii. Dar nu este chiar așa. La rândul lor, atomii se compun din trei elemente diferite: protoni, neutroni și electroni. Protonii sunt încărcați pozitiv, neutronii sunt neutri din punct de vedere electric, iar electronii sunt încărcați negativ. Lumea noastră, în toată diversitatea ei, se compune din trei elemente. (Un fizician m-ar contrazice acum, dar nu este cazul să ne complicăm inutil.) Uimitor, nu-i așa? Pentru că, atunci când adaug ouă, făină și lapte și le încălzesc, obțin uneori clătite, alteori tăiței, în funcție de modul în care combin ingredientele și de cantitățile pe care le folosesc. Chiar dacă clătitele și tăițeii sunt două feluri de mâncare diferite, tot au mai multe în comun ca aurul și oxigenul. Cu toate acestea, atât metalul aur, cât și gazul oxigen se compun din aceleași trei elemente. Greu de crezut, nu?



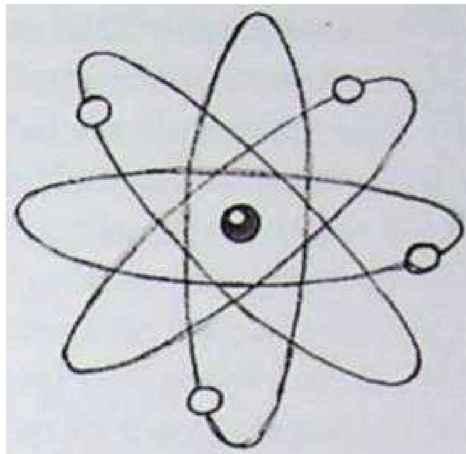
Proton Electron Neutron

Dar ce face din aur aur și din oxigen oxigen, dacă nu

elementele componente?

Diferența stă în numărul de protoni. Tabelul periodic al elementelor ne arată câți protoni conține un element. Aici găsești toate elementele – dar în ce ordine? Numărul atomic, adică numărul protonilor din atom, stabilește ordinea din sistem. O privire rapidă aruncată în tabel ne arată că oxigenul este pe locul 8, deci are 8 protoni. Aurul este pe locul 79, deci are 79 de protoni. Aceasta este singura diferență.

Demult de tot, alchimiștii, adică strămoșii chimistilor, au încercat să transforme metalele neprețioase în aur. În prezent știm că nu există tehnică prin care să poți face asta. Motivul? Structura atomilor. Ați mai văzut acest gen de imagini. Ele ne arată că un atom se compune dintr-un nucleu și un înveliș. Nucleul se compune din protoni încărcați pozitiv și din neutroni neutri, astfel că miezul atomului este încărcat pozitiv. Învelișul se compune din electroni încărcați negativ, care orbitează în jurul nucleului. Greutatea atomului este dată de nucleu, adică de numărul de neutroni și de protoni. Electronii nu cântăresc mai nimic, de aceea nu merită luați în seamă. Este ca și cum ai cântări elefanți pe ale căror spinări se află câteva pene. Cantitatea acestora din urmă este neglijabilă, fără îndoială.



Un singur atom nu cântărește mult, pentru că este foarte mic, dar fiecare atom are masă, altfel nici cartea aceasta și nici corpul nostru nu ar avea masă.

Un atom de aur cu 79 de protoni este mai greu decât un atom de oxigen cu 8 protoni. La asta se adaugă neutronii.

Fiecare neutron cântărește cam la fel de mult ca un proton. În general, în fiecare nucleu se află o cantitate egală de neutroni și protoni. Dacă adaugi toate componentele, un atom de aur este de douăsprezece ori mai greu decât un atom de oxigen.

În schimb, volumul, adică mărimea atomului, este dată de învelișul de electroni. Nucleul, în comparație cu atomul care este deja foarte mic, este atât de mic, că volumul său este neglijabil. Cam ca la vata de zahăr. Dacă vata de zahăr este norul de electroni, atunci bățul îl reprezintă nucleul. Cât de mare este vata de zahăr depinde doar de ea. Pentru norul de vată de zahăr este irelevant dacă bățul este un pic mai gros sau mai subțire. Ne închipuim nucleul unui atom ca pe un așa-numit punct material, respectiv o masă fără volum, concentrată într-un singur punct minuscul.

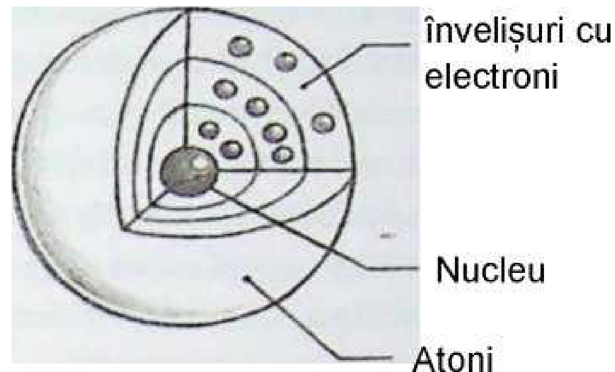
Atomul este la fel de mare ca învelișul său de electroni. Printre altele, mărimea învelișului depinde de numărul de electroni. De regulă, un atom are la fel de mulți electroni ca protoni. Sarcinile pozitive și negative se neutralizează și avem un atom neutru din punct de vedere electric. Însă în învelișul de electroni al aurului apar 79 de electroni, la oxigen doar 8. Pentru că fiecare electron are nevoie de un loc al lui, aurul are un înveliș de electroni mai mare decât oxigenul. De aceea, un atom de aur este de mai bine de două ori mai mare decât un atom de oxigen.

Cam atât despre masa și volumul atomilor. Să ne îndreptăm acum atenția spre însușirile lor captivante, cele chimice! De acum nucleul atomului nu ne mai interesează, pentru că nu ia parte la reacții chimice. Acestea se întâmplă doar în învelișul de electroni. De aceea nu se poate face aur din fier. Ar trebui să adăugăm protoni în nucleul de fier, iar asta este imposibil. Numărul de protoni din nucleu nu se modifică așa ușor (cu excepția radioactivității, unde nucleele grele, instabile, se descompun progresiv). Cu atât mai mult merită să acordăm mai mare atenție învelișului de electroni. Acum să te ții! În modelul de mai devreme am observat că electronii gravitează în jurul nucleului. Era un model foarte simplu. La

fel ca în modelul particulelor, și aici modelul nu descrie realitatea, ci ne oferă o imagine simplificată

realitatea umană, ci doar un caz special, plăcut privirii din cauze naturale sau datorită unor retușuri meșteșugite).

Știți deja de la modelul particulelor că-mi plac modelele simple. De ce să ne complicăm inutil? Vă voi arăta un model cu ajutorul căruia veți înțelege reacțiile chimice. Este vorba despre așa-numitul model al învelișurilor.



Potrivit modelului, electronii nu se pot mișca după pofta inimii în jurul nucleului, ci la distanțe bine stabilite. Aceste distanțe sunt asemenea unor foi de ceapă, care ocrotesc nucleul. (Eu l-aș fi numit „modelul cepei”, dar nu mi-a cerut nimeni părerea.)

Așa cum Pământul și celelalte planete se rotesc în jurul Soarelui la o anumită distanță, așa și electronii se pot roti în jurul nucleului doar la o anumită distanță. De ce? Răspunsul se găsește în mecanica cuantică. În cazul unor componente infime precum electronii nu se mai aplică regulile fizicii clasice, ci ale fizicii cuantice.

Această știință este greu de înțeles pentru noi, pentru că tot ce vedem și ni se întâmplă se supune regulilor fizicii clasice. Să înțelegi mecanica cuantică este ca și cum ți-ai imagina o culoare pe care nu ai văzut-o niciodată. Dar ce-ar fi să ne imaginăm astfel: învelișurile sunt asemenea unor rânduri de scaune fixe dintr-un cinematograf. Ai voie să te așezi doar pe scaune, nu și între rânduri (nici nu merită să faci asta, pentru că nu vezi nimic).

Cum se ocupă rândurile? La fiecare element, învelișurile electronice se ocupă dinspre interior spre exterior. Cum se

umple un înveliș, vine celălalt la rând. Foarte importanți sunt electronii de pe ultimul strat, electronii exteriori. Distanța mare de nucleu le conferă calități deosebite: cu cât electronii sunt mai departe de nucleu, cu atât este mai slabă forța de atracție dintre nucleul cu sarcină pozitivă și electronii cu sarcină negativă. În comparație cu electronii de pe straturile interioare, cei exteriori sunt destul de lejeri. În timp ce electronii interni sunt mai puțini mobili și foarte atrași de nucleul pozitiv, cei exteriori sunt extrovertiți, dornici să se combine în reacții chimice.

În afara distantei de nucleu, mai este ceva ce-i neliniștește pe electronii exteriori: în timp ce învelișurile interioare sunt încărcate la maxim, la multe elemente ultimul înveliș electronic este parțial gol. Numărul electronilor este limitat și corespunde numărului de protoni. Ei și, ați putea spune, nu mă deranjează să am la cinematograf tot rândul pentru mine. Dar nici nu ești electron. Electronii, în special cei din ultimul rând, urăsc rândurile incomplete. De aceea atomii au o singură dorință: să-și completeze toate învelișurile electronice.

Această dorință se exprimă într-un mod interesant: elementele care au mai multe locuri libere pe ultimul înveliș nu sunt atât de agresive. Dar să te ții dacă mai este un singur loc liber sau dacă pe ultimul înveliș se află doar un singur electron. Elementele acestea sunt cele mai dinamice. Este ca la cupa mondială, unde cei de pe locul doi plâng cel mai tare, pentru că au ratat la mustață trofeul.

Temperamentul chimic al unui atom depinde de numărul de electroni exteriori. Fluorul nostru are 7, dar pe ultimul său strat se potrivesc 8. Un singur loc liber, iar fluorul nu-și mai încape în piele de nerăbdare. Înnebunit, își caută electronul lipsă în alți atomi sau alte molecule și nu se oprește până nu și-a ocupat și ultimul loc.

Fluorul nu este singurul care se confruntă cu această problemă. Aproape toate elementele din grupele principale

ale tabelului periodic și-ar dori să aibă 8 electroni exteriori. Această dorință poartă în chimie numele de regula octetului. Nu vă lăsați induși în eroare, nu este vorba despre o regulă stabilă, ca în cazul legilor fizicii, ci tot despre un model. Unul foarte practic și strâns legat de modelul învelișurilor. Cu ajutorul regulii octetului nu se explică doar de ce unele elemente sunt foarte înclinate spre reacții chimice, ci și combatibilitatea partenerilor de reacție. Fiecare element are nevoi, iar al optulea electron reprezintă doar una dintre ele. Aceste nevoi sunt satisfăcute prin reacții sau legături chimice (ca și la oameni, de altfel).

Fluorul este ca un bebeluș care țipă de foame. Odată ce îi dai să sugă, se liniștește și adoarme (părinții v-ar putea povesti aici o istorioară diferită). Odată ce fluorul intră într-o reacție care îi oferă electronul mult dorit, nu se mai întâmplă mare lucru.

Ce înseamnă asta pentru tigaia mea? în cazul teflonului, fluorul se combină cu carbonul, care are capacitatea de a-și împărți cu generozitate electronii și straturile cu alți atomi (cum arată exact această legătură vom clarifica în *Capitolul* 8). Ar trebui să depuneți mult efort ca să scoateți fluorul din această relație fericită. Teflonul ar trebui încălzit la 360 °C pentru a rupe legătura. Temperatura maximă recomandată pentru tigăile de teflon este de 260°C (temperatura optimă pentru oul meu ochi este de circa 83°C, la care albușul se încheagă).

Conform regulii octetului, atomii de fluor și de carbon din tigaia mea au atins Nirvana elementelor chimice: un strat exterior complet. Legătura chimică dintre fluor și carbon este o adevărată căsătorie-model, în care niciunul nu are ochi pentru alți atomi sau alte molecule. Nici măcar pentru proteinele atractive din oul meu ochi, care tocmai ce sfârâie în tigaie.

Când mâncarea se lipește de tigaie, nu este vorba decât de interacțiunea dintre moleculele tigăii și cele ale mâncării. Dar teflonul nu are niciun interes pentru ou sau altă mâncare. Probabil că fluorul își aduce aminte o clipă de

tinerețea lui zbuciumată ca acid fluorhidric și este bucuros că a lăsat în urmă această etapă a vieții lui. „Am tot ce îmi doresc, lasă-mă în pace”, se gândește probabil, în timp ce oul meu spune: „Bine, bine, uită că am trecut pe aici” și alunecă fără regrete în farfuria mea.



La fel de mulțumite sunt și fluorurile din pasta de dinți. Mai sus am spus că un atom cu sarcină zero conține un număr egal de electroni și protoni, ale căror sarcini electrice se compensează reciproc. Un atom poate fi și încărcat electric, caz în care se numește ion. Un ion încărcat negativ se numește anion și se formează când în atom sunt mai mulți electroni decât protoni. Anionii se recunosc în chimie prin sufixul *-id.* De cealaltă parte, un ion încărcat pozitiv se numește cation și apare când numărul de electroni este mai mic decât numărul de protoni. Cationii nu au un sufix specific. Sufixul *-id* din fluorid ne arată că avem de-a face cu un ion încărcat negativ. Cineva i-a dăruit fluorului electronul mult râvnit. Ca anion cu 8 electroni exteriori, fluorura a împlinit regula octetului și este fericit.

Dar cum de l-a lovit norocul? Un candidat râvnit este sodiul, un membru al primei grupe principale din tabelul periodic al elementelor și un așa-numit metal alcalin. Sodiul (Na) ne este cunoscut din clorura de sodiu, sarea noastră

de bucătărie. În care nu o să găsiți sodiu în stare pură, cum de fapt nu o să găsiți nicăieri în natură, la fel ca în cazul fluorului.

Sodiul este un metal strălucitor de culoare gri, atât de moale încât poate fi tăiat cu cuțitul. Sună inofensiv, dar nu vă sfătuiesc să aruncați sodiu în apă. (Puteți să vă uitați pe Youtube cum se face, atât timp cât promiteți că nu încercați acasă.) Sodiul este un candidat agresiv și un partener perfect al fluorului. Atomului de sodiu nu-i lipsește niciun electron, în stratul lui exterior se găsește, la fel ca la toate metalele alcaline, un electron singular, care abia așteaptă să-și ia tălpășița. Ce întâmplare fericită când îi apare în cale fluorul. Astfel, ambele elemente pot îndeplini regula octetului. Din ele rezultă fluorura de sodiu, adică substanța din pasta noastră de dinți (același principiu se aplică și în cazul sodiului și al clorului și al compusului lor, clorura de sodiu).

Fluorura din pasta de dinți nu este foarte reactivă. Dar nereactiv nu înseamnă neapărat neotrăvitor. Așadar – chiar este otrăvitor? Moartea vine prin pasta de dinți? Și ce caută fluorura în pasta de dinți? Dacă tot mă duc să mă spăl pe dinți, ce ar fi să discutăm pe larg în baie?

Opriți chimismul!



Fiecare baie este un laborator de chimie sau măcar un

arsenal de chimicale. Prietenii mei care nu sunt chimiști sunt de părere că nu este o comparație inspirată, că astfel totul pare deosebit de otrăvitor. Trebuie să fiu atentă când încerc să-i contaminez și pe neinițiați cu dragostea mea pentru chimie. Chiar dacă fluorul sau sodiul în stare pură sunt tovarăși periculos de agresivi, termenul „chimicale” nu trebuie să aibă o conotație negativă. Otrăvitoare, sănătoase sau necesare supraviețuirii, în această lume nu există substanțe nechimice.

Chimia nu este neapărat otrăvitoare, însă este contagioasă: tatăl meu este chimist. Fratele meu, la fel. Christine, prietena mea cea mai bună, este chimistă și în plus eu m-am mai și căsătorit cu un chimist. Vă jur, suntem oameni normali.

O vreme, tata s-a ocupat de cercetare în domeniul cosmeticelor de păr. Mergeam la drogherie și cercetam substanțele din șampoane. Uneori găseam inclusiv substanțe realizate de el în laborator. Tatăl meu este motivul pentru care fac cercetare în domeniul polimerilor. Un chimist cinic v-ar putea spune că polimerii sunt plastic. O definiție al naibii de îngustă. Teflonul, politetrafluoretilena este și el un polimer. Dar se pot produce și polimeri compatibili biologic, cum ar fi transportorii pentru medicamentele împotriva cancerului din corp sau ca bază pentru organe artificiale. Deci nici vorbă doar de plastic!

Polimerii se definesc ca lanțuri lungi de molecule. Acestea se compun din multe molecule mici, așa-numiții monomeri, care aliniate formează lanțuri lungi. Și polizaharidele, adică oligozaharidele și carbohidrații, sunt polimeri. Polimerii nu sunt neapărat artificiali, ci se găsesc pretutindeni în natură. Lemnul și fibrele din plante se compun din fibre de celuloză. Iar ele la rândul lor sunt, ați ghicit, polimeri. La fel ca ADN-ul nostru. Partea tare este că polimerii pot fi produși și în laborator.

Mai demult, tata a produs polimeri pentru spray-urile de păr pentru volum și pentru balsamurile antirupere a firului de păr. Măcar pentru asta chimia mi s-a părut mereu

interesantă. Observ cu uimire cum chimia continuă să fie percepută ca un domeniu masculin – clișeu pur. Uneori îmi este dat să aud: ce face o chimistă pe Youtube? Acolo nu sunt doar sfaturi despre cum să te machiezi? N-am să înțeleg niciodată cum poți fi interesat de cosmetică, dar nu și de chimie. Chiar și producția cosmeticelor naturale, adică a săpunurilor și a produselor cu ingrediente naturale, presupune o înțelegere a chimiei.

Tubul meu de pasă de dinți este aproape gol, storc pe periuță ultimul rest, în vreme ce pâinea mea cu ou ochi se amestecă fericită în stomac împreună cu cafeaua și sucul de portocale. Se dedau liniștite proceselor metabolice, destinului lor, o sărbătoare copleșitoare de reacții chimice. Și în gura mea se întâmplă o grămadă de lucruri din punct de vedere chimic. În special pâinea și sucul de portocale conțin un declanșator de reacții interesante: zahăr. Apropo, sucul de portocale conține la fel de mult zahăr ca și Cola. Chiar și pâinea se compune în ultimă instanță din carbohidrați, care nu sunt altceva decât polimeri de zahăr.

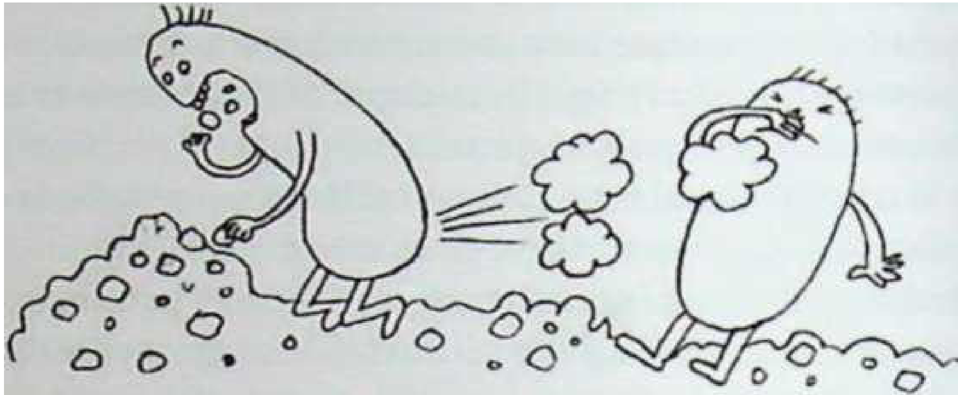
Înghițim permanent zahăr, în diverse forme. Nu (doar) pentru că suntem niște monștri lacomi, ci și pentru că corpul nostru transformă zahărul în energie. Mai ales creierul nostru funcționează cu zahăr, de asta ne obligă să ne placă jeleurile Haribo și ciocolata – deloc practic în vremurile în care ciocolata și jeleurile se găsesc pe toate drumurile.

Nu doar nouă ne place zahărul, ci și bacteriilor și microorganismelor care trăiesc pe dinții noștri. În timp ce citești asta, sute de bacterii diverse se foiesc prin gura ta. De acord, și în a mea. Cu fiecare sărut facem schimb prin salivă de milioane de bacterii. Dacă vă este scârbă, îmi pare rău, dar în calitate de chimistă mă bucur să descopăr lumea în toate detaliile ei și să mă gândesc la lucrurile care nu pot fi văzute cu ochiul liber.

Bacteriile de pe dinții noștri trăiesc în așa-numita placă dentară. Aceasta este o peliculă subțire, apoasă, cu care sunt acoperiți dinții noștri. Placa se mai numește și tartru. Pastele de dinți și apele de gură se laudă că ne ajută în

lupta „împotriva plăcii bacterine”. Nu vreau să-i distrug nimănui iluziile, însă nu este posibil să scapi definitiv de placă. Ce se pot schimba sunt condițiile din acest mediu, iar asta le poate îngreuna viața bacteriilor care trăiesc acolo.

Dacă mâncăm zahăr sau carbohidrați, bacteriile se înfruptă și ele și secretă în contrapartidă acizi. Nu este cea mai veridică analogie, dar când i-am explicat că așa stau lucrurile fetiței de 5 ani a unui prieten, ea s-a distrat teribil, iar de atunci își spală cu mai multă plăcere dinții (așadar nu pot decât să recomand această explicație). În cele din urmă, bacteriile transformă zahărul într-un proces chimic complex. La fel ca noi, și substanțele iau parte la procese metabolice, în care transformă molecula de zahăr în moleculă de acid, direct pe suprafața dinților noștri.



Smalțul dinților se compune, în cea mai mare parte, dintr-un mineral numit hidroxiapatită. Aha! Iar ne întâlnim cu substanța existentă în pasta de dinți a lui Jonas, care e un înlocuitor pentru fluoruri. Ciudat, să-ți speli dinții cu pulbere de dinți. Nu doar că este ciudat, dar nici măcar nu este eficient contra cariilor. Înțelegem asta când pricepem ce sunt cariile: hidroxiapatitei din smalțul nostru nu îi plac acizii, pentru că o descompun. Ce-i drept, se întâmplă lent, cu viteza cu care ni se formează o gaură în dinte, dar oricum nu este bine.

Zahărul care se transformă în acid nu constituie singura problemă. Multe alimente conțin deja acizi. Sucul de portocale, de exemplu. De două ori nociv pentru dinți, zahăr plus acid. Și cafeaua este acidă. Fluorura există în

pasta mea de dinți ca să mă ajute să lupt împotriva descompunerii smalțului dinților!

În capitolul precedent am aflat că fluorurile sunt ioni încărcați negativ, anioni. În hidroxiapatita din dinții noștri se găsesc anioni, așa-numiții ioni de hidroxid. Fluorura este mică și se găsește aproape peste tot, chiar și în smalțul dinților. La spălatul dinților ea pătrunde peste tot și scoate ionii de hidroxid. Sună agresiv, dar este un lucru bun. Prin acest schimb, la suprafața dinților se formează un strat subțire dintr-un mineral solid, stabil, numit fluorapatită, împotriva căruia acizii nu prea mai au ce să facă. Apropo, dinții de rechin se compun aproape în întregime din fluorapatită. De aceea sunt atât de puternici, iar mușcătura de rechin este atât de dureroasă.



Cum acționează pasta de dinți fără fluoruri a lui Jonas? Mă tem că nu la fel de bine. Fluorurile sunt înlocuite de hidroxiapatită, deci de mineral din smalțul dinților. Când acesta se descompune, ideea ar fi că noi adăugăm unul nou. Dar un scut împotriva plăcii acide nu se poate forma în acest mod. Cariile jubilează, Christine este disperată, iar Jonas crede că fluorurile calcifiază glanda pineală.

Rămâne totuși întrebarea: sunt fluorurile otrăvitoare?

Așa cum spunea Paracelsus – și aici urmează o propoziție importantă - doza face otrava. (Ca să-l citām în întregime: „Toate lucrurile sunt otravă și nimic nu este fără

otravă. Doar doza stabilește dacă un lucru poate fi otrăvitor sau nu”.)

Da, te poți otrăvi cu o doză mai mare de fluorură. Cea acută, letală (adică otrăvitoare), este de câteva grame la adulți. Doar că nu știu cum o astfel de doză ar putea fi folosită vreodată în afara unui laborator de chimie. Chiar și la un concurs de mâncat pastă de dinți ai ajunge să verși înainte să ajungi la doza mortală de fluorură. Dar substanța poate fi supradozată pe termen lung. Astfel oamenii se pot îmbolnăvi de fluoroza scheletului, iar oasele li se pot rupe ușor. În oțelării și în fabricile de ceramică se lucrează cu substanțe care conțin fluoruri și pe care, în cel mai rău caz, ajungi să le inhalezi ani întregi. În anumite zone cu probleme de mediu (există studii făcute în China sau în Mexico City) apa poate conține doze ridicate de fluoruri, pe care le poți înmagazina în corp pe termen lung. Din fericire, valorile limită din apa potabilă din Germania nu au fost niciodată depășite (mai multe despre asta în *Capitolul 10).*

Dar dacă ne spălăm dinții cu pastă cu fluoruri? Doza de fluorură din pasta de dinți este controlată atent, iar concentrația este păstrată în valori eficiente, dar necritice. Pe pasta mea de dinți scrie „1450 ppm F”, asta înseamnă că un element din șapte sute este un ion de fluorură. Nu este nevoie de mai mult, pentru că sunt suficienți câțiva ioni de fluorură la suprafața externă a dinților pentru a-i proteja de carii, într-adevăr, aceeași concentrație în apa potabilă ar fi mult prea mare, dar concentrația trebuie analizată mereu în context. La periatul dinților este vorba de un tratament local și de o cantitate mică de pastă de dinți, pe care oricum o scuipăm în mare parte. Asta în cazul în care nu suntem un copil care mănâncă cu plăcere pastă de dinți. Nu trebuie să uităm că cei mici mănâncă cu plăcere tot felul de lucruri. Când era mic și ai mei nu erau atenți, fratele meu mânca nisip. Pentru că nu este indicat să mâncăm pastă de dinți, dar nici nu-i putem împiedica pe copii, pasta de dinți pentru cei mici conține și mai puține fluoruri. În plus, bebelușii cărora le ies dinții sunt oricum predispuși la fluoroză dentară. Aceasta se manifestă prin

pete pe smalț, în cel mai bun caz pete albe, în cazurile evidente pete mai închise la culoare, gălbui sau maronii.

Să recapitulăm: fluorura, în concentrația aprobată din pasta de dinți, este bună împotriva cariilor. În cantități mai mari există riscul apariției fluorozei. Dar teama lui Jonas de calcifiere a glandei pineale deschide o altă cutie de Pandorei. Această teamă pare destul de răspândită și se numără printre maladiile internetului, în care, în diverse forumuri sau grupuri de Facebook, sunt întreținute anxietăți nedovedite științific. „Fluorurile calcifiază glanda pineală!”, „Fluorurile calcifiază creierul!”, „Fluorurile te prostesc!” – ai să găsești toate aceste titluri la o căutare sumară pe internet. De cele mai multe ori sunt indicate și linkuri către cercetări stiințifice, dar, dacă le citești cu atenție, n-ai să găsești niciun motiv de îngrijorare. Chiar dacă studiile științifice au o bază de argumentație solidă, ele pot deveni problematice odată ce încap pe mâinile neinițiaților. În primul rând, aceste studii nu sunt scrise pentru necunoscători sau neinițiați. Ele servesc comunicării între experți. Prin ele, datele și informațiile sunt oferite în detaliu și la cel mai înalt nivel științific. Dacă aceste studii nu sunt prelucrate jurnalistic cum trebuie, există pericolul ca necunoscătorii să le înțeleagă greșit sau chiar să abuzeze de ele.

Cine se preocupă cu adevărat și în mod corect de acest subiect știe că fobia legată de calcifierea glandei pineale din cauza pastei de dinți are la bază studii puține și inconsistente.

Vinovat pentru această anxietate este un studiu pe termen lung realizat pe gravide în Mexico City. O concentrație crescută de fluorură în apa de băut și în mediu s-a combinat acolo cu mai multe probleme de mediu, printre altele o concentrație mare de plumb. Ulterior, la copii s-a constatat un IQ scăzut, dar și aceasta cu o puternică variație statistică. Ar fi trebuit realizate mai multe experimente înainte de a putea trage astfel de concluzii. În special din cauza poluării puternice a mediului rezultatele nu pot fi corelate direct cu fluorura (ca să nu mai vorbim de

fluorura din pasta de dinți) și nici nu sunt relevante pentru Germania. Cu toate acestea, studiul circulă în presă cu titluri ca „Fluorurile prostesc copiii din burta mamei”. Nu este un exemplu de jurnalism științific demn de urmat.

Mobilul meu vibrează din nou.

„Și știi ce e culmea – Jonas nu a mai trecut pe la dentist de trei ani și nu-și aduce aminte când a avut ultima carie!!”, îmi scrie Christine și adaugă la mesaj un emoticon roșu de furie. Mă bufnește râsul, pentru că mi-o și închipui cum își iese din pepeni. Dacă Jonas nu este predispus la carii, atunci își poate păstra liniștit pasta de dinți. Christine se înfurie doar pe norocul lui de ignorant. Nu toți suntem la fel de predispuși la carii. Eu n-aș renunța o zi la fluoruri, pentru că știu sigur că m-aș alege imediat cu găuri în măsele. Alții pot avea un alt tip de placă bacteriană, împotriva căreia poate fi eficientă chiar și o pastă care doar neutralizează valoarea pH-ului. Pe lângă fluoruri, pasta de dinți conține și alte elemente importante. De exemplu, tenside sau, mai pe șleau spus, săpun (imediat, pe larg). În plus, particule mici ca de șmirghel, asemănătoare celor din pasta de curățat aragazul. Până una alta, vrem să scăpăm și de resturile de mâncare. Dacă nu te speli cu pastă de dinți cu fluoruri și nici nu faci carii – ține-o tot așa. Dar dacă ai carii *și* ți-e teamă de fluoruri, fă bine și scapă de carii folosind o pastă de dinți normală, cu fluoruri.

Îmi clătesc gura și intru la duș. Mă întreb cât de rău ar puți oamenii dacă nu ar putea face duș atât de des. Comparația „puți ca un animal” iar face probabil un deserviciu animalului. Dacă nu ne-ar deranja mirosul, probabil că nu ne-am mai spăla atât de des cum o facem, cel puțin în societatea modernă. O să fiți surprinși: dușul zilnic nu doar că nu este obligatoriu, el poate chiar să dăuneze. De ce? Pentru asta va trebui să înțelegem mai bine cum e cu pielea, dar și cu gelul de duș.

La fel ca placa dentară, și pielea noastră este întesată de o varietate de microorganisme. Oricât nu ne-ar plăcea

să știm că în orice moment pe noi se plimbă bacterii și alte vietăți, nu trebuie să uităm că acest microbiom este inofensiv și chiar util. Trebuie să ne imaginăm pielea și locuitorii ei ca pe un ecosistem complex, aflat într-un echilibru armonios.

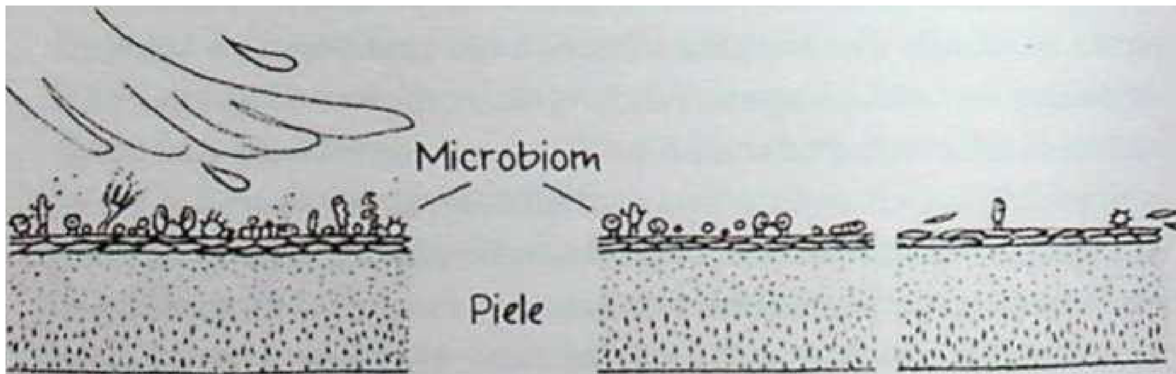
Există însă și microorganisme mai puțin folositoare, cum ar fi microbii, cu care intrăm în contact în special prin mâini. Pielea nu le permite să pătrundă în organism, dar dacă ne frecăm ochii sau punem mâna pe mâncare, microbii ajung în corp. De aceea este important să ne spălăm pe mâini. Ajungem astfel la cel mai important element chimic din baie: tensidele.

V-am spus mai înainte că tensidele se găsesc inclusiv în pasta de dinți, dar tensida clasică este săpunul, din săpunul de mâini sau din șampon. Fără săpun, spălatul cu apă nu ar fi la fel de eficient. Pentru că pielea noastră este de-a dreptul hidrofobă, adică urăște apa. Membranele celulare ale pielii sau spațiile dintre celule sunt formate din molecule hidrofobe. Substanțele hidrofobe nu se amestecă și nici nu se dizolvă în apă. Alte substanțe hidrofobe sunt uleiurile și grăsimile. De aceea în loc de hidrofob poți spune și lipofil, adică iubitor de grăsimi. Când faci un sos de salată din oțet și ulei, poți observa cum uleiul și apa nu se amestecă, există o așa-numită limită de separare. Moleculele de apă și cele de ulei nu vor să aibă nimic de-a face unele cu altele, se resping și preferă să nu se amestece.

Antonimul lui hidrofob este hidrofil, iubitor de apă. De exemplu, alcoolul este un lichid hidrofil, de aceea se amestecă bine cu apa (spre norocul nostru, altfel nu l-am putea bea). Moleculele de etanol și cele de apă se înțeleg nemaipomenit. Ele interacționează între ele și se atrag. Și zahărul sau sarea de bucătărie sunt substanțe hidrofile, de aceea se dizolvă bine în apă, dar nu în ulei.

În mod obișnuit, fiecare substanță poate fi catalogată drept hidrofilă sau hidrofobă, dar limita dintre ele nu este clar delimitată. Pielea noastră este mai degrabă hidrofobă. Așa ne protejează cel mai bine, la urma urmei nu ne-am

dori să se topească în ploaie sau sub duș. Asta înseamnă și că pielea nu interacționează bine cu apa. În plus, porii din piele produc nu doar transpirație, ci și seu, adică grăsime – o substanță hidrofobă. Bacteriile au și ele o piele, unicelularele o membrană celulară, și ea hidrofobă. Pentru că seul și bacteriile nu vor să aibă de-a face cu apa, nu sunt foarte impresionate când pui apă pe ele. Cine a încercat vreodată să îndepărteze o pată de grăsime de pe îmbrăcăminte cu apă știe la ce mă refer.



Fără săpun Cu săpun

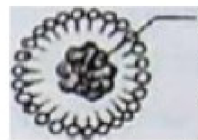
Acum câteva mii de ani oamenii au descoperit săpunurile, adică tensidele. Aceste substanțe magice sunt amfifile, adică reunesc atât calitățile hidrofobe, cât și pe cele hidrofile într-o singură moleculă. În general, săpunurile sunt molecule lungi cu două componente: o coadă lungă hidrofobă și un cap hidrofil. Cam ca un ac cu gămălie. Imaginează-ți că tensidele sunt ace de siguranță minuscule, acul fiind partea hidrofobă, iar gămălia, partea hidrofilă.



Cap hidrofil

Coadă hidrofobă





Izolarea substanțelor hidrofobe (ex.: seu, murdărie)

Temida

Miceliul

Dacă arunci tenside în apă, poți urmări lucruri fascinante: moleculele formează singure structuri geometrice. Asta se întâmplă deoarece cozile hidrofobe se

feresc de apă și se poziționează în așa fel încât să aibă cât mai puțin contact cu ea. Se formează asa-numitele micelii, în care cozile hidrofobe sunt poziționate spre interior, în vreme ce capetele hidrofile sunt poziționate spre exterior. Miceliile pot fi rotunde, liniare sau curbate.

Tensidele înclină să se ordoneze la suprafață. Această calitate se numește surfactantă. Dacă adaugi ulei de măsline și apă cu săpun într-un pahar, cele mai multe tenside se vor poziționa la suprafață, la limita dintre apă și ulei, cu capetele hidrofile îndreptate spre apă și cu cozile hidrofobe spre ulei. Același lucru se întâmplă la granița dintre apă și aer. Aerul nu este chiar hidrofob, însă cozile hidrofobe se gândesc cum să scape în primul rând de apă, așa că ies la aer la fel ca-n cântecul „Rățuștele mele pe apă s-au dus (Stau cu ciocu-n apă și cu coada-n sus)”.

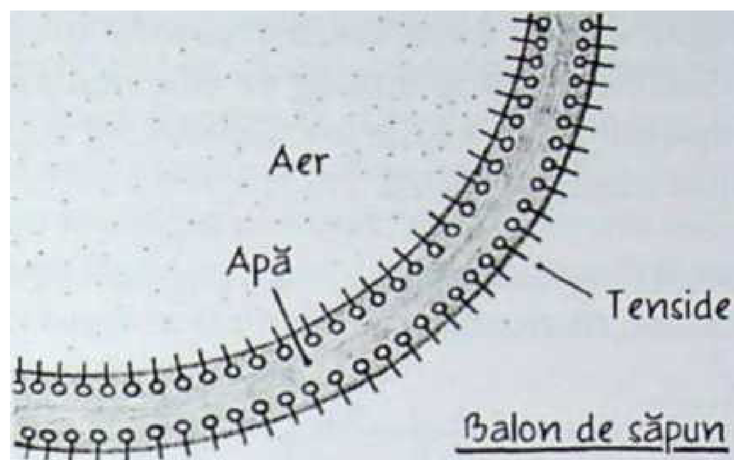
Pe acest principiu funcționează spuma de baie și baloanele de săpun. Un balon de săpun este deosebit de fragil. De fapt, este incredibil de stabil, dacă te gândești că este o bilă goală din apă, o suprafață curbă de lichid supusă unei tensiuni extreme.

Sună ciudat, nu? Cum poate un lichid să fie supus unei tensiuni mecanice? Așa cum o riglă de plastic poate fi tensionată când o îndoim, așa se tensionează și apa când încercăm să facem din ea baloane de săpun. Vorbim aici de tensiunea superficială a apei, de care vom discuta pe larg în *Capitolul 10.*

Până atunci, să ne închipuim că la suprafața apei acționează forțe care o fac să fie un pic rigidă. Tensidele ocupă suprafața și o fac mai flexibilă și mai elastică. O riglă de plastic rigidă se transformă într-o riglă mai moale, mai elastică, pe care o poți îndoi ușor, fără să te temi că se va rupe. Așadar, tensidele diminuează tensiunea superficială a apei. Astfel apa se curbează ușor în baloane de săpun și în balonașe și mai mici, și mai curbate, fără de care băile cu spumă nu ar fi posibile.

Pentru că tensidele sunt amfifile, ele sunt niște intermediari extraordinari între substanțele hidrofile cum este apa și cele hidrofobe, precum seul, murdăria sau

bacteriile. Dacă ne spălăm cu apă și săpun, substanțele hidrofobe din piele pot fi izolate în interiorul miceliilor și apoi îndepărtate prin clătire cu apă. Același principiu se aplică și în cazul detergenților, al produselor de curățare menajeră și a pastei de dinți. Atât de cotidian și atât de genial.



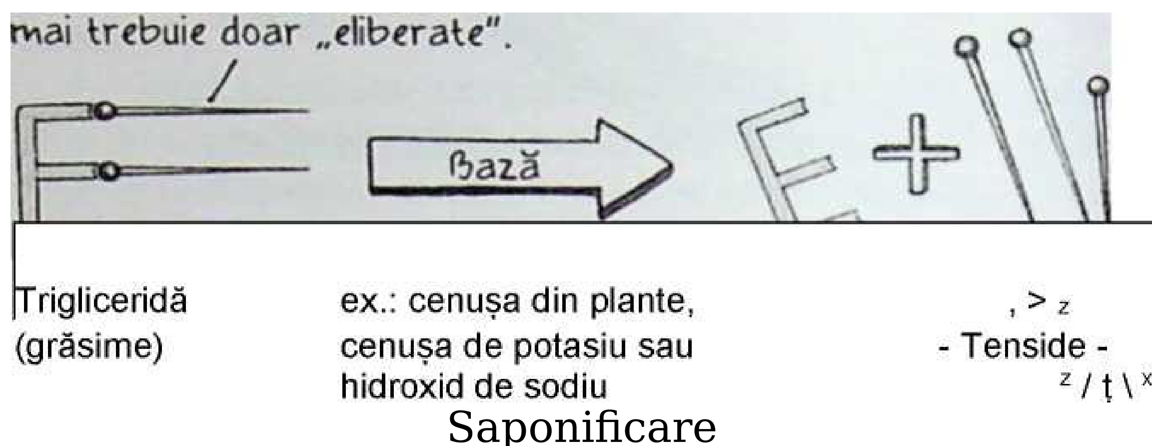
Cum se produc astfel de ace cu gămălie mici și geniale?

Pentru primele săpunuri se fierbeau uleiuri și grăsimi împreună cu cenușă din plante. Reacția chimică se numește saponificare. Substanța de bază este întotdeauna grăsimea. Grăsimile și uleiurile sunt trigliceride din punct de vedere chimic, asta înseamnă că o moleculă de grăsime este o combinație de trei acizi grași. Acizii grași sunt predestinați să formeze săpun. Ei se compun dintr-o coadă lungă hidrofobă, la capătul căreia atârnă o grupă de acizi care poate fi un cap hidrofil extraordinar. Acul cu gămălie este aproape format. Doar că grupele de acizi dintr-o trigliceridă sunt legate în așa fel încât să nu permită interacțiunea cu apa. Ne putem închipui grăsimea sau trigliceridă ca pe trei ace cu gămălie, legate între ele prin capete. Capetele se pot elibera dacă aduci în ecuație un partener de reacție bazic. Cenușa din plante conține săruri bazice, săruri de potasiu. Iar acizii și bazele intră ușor în reacție unele cu altele.

Dacă fierbi grăsimea cu sărurile de potasiu, trinomul trigliceridelor se descompune și obții acizi grași liberi, cu capete saponificate. Saponificat înseamnă că grupa de acizi este încărcată negativ, la fel ca un ion de fluorură. Grupele

încărcate cu sarcină electrică se înțeleg de cele mai multe ori de minune cu apa (de ce, vă explic în *Capitolul 10). Așa se* transformă grăsimea într-o tensidă.

„Acele cu gămălie” există deja,



Saponificare

Și astăzi săpunurile se produc după același principiu, doar că, în loc de cenușă sau săruri de potasiu, se folosește hidroxid de sodiu (NaOH). Această bază mai puternică se potrivește de minune pentru saponificare. Reacția funcționează cu toate soiurile de grăsimi, în cazul săpunurilor normale se folosesc grăsimi ieftine ca seul sau grăsimile de porc ori din oase. Poate sună scârbos, dar rezultă săpunuri de bună calitate.

De ce vă povestesc toate astea? Pentru că metoda tradițională de fabricare a săpunului mi se pare deosebit de interesantă, în special acum, cu toate trendurile săpunurilor naturale. Săpunurile naturale din uleiuri pure – de cocos, de măsline sau de avocado – câștigă tot mai mult teren. Vedem cum rețeta tradițională de săpun își trăiește a doua tinerețe: grăsimi pure saponificate cu ajutorul hidroxidului de sodiu. Săpunurile naturale nu sunt altceva decât săpunuri de casă, doar că au în compoziție uleiuri mai atractive decât untura de porc. Dar tocmai săpunurile naturale care se laudă că sunt din S „până la 100% ulei de blabla saponificat” sunt prin definiție săpunuri de casă. Structura și proprietățile lor chimice sunt similare cu cele ale săpunurilor de casă din untură. Deseori săpunurile naturale sunt prezentate ca foarte delicate și protejând pielea. Sigur, cocosul, măslinele sau fructul de avocado par

delicate și hrănitoare. Dar din punct de vedere chimic lucrurile nu stau chiar așa.

Săpunurile de casă originale, la fel ca săpunurile naturale, au o singură calitate: sunt foarte eficiente. Ele curăță în profunzime, pentru că grupa lor hidrofilă, capul acid, este atât de hidrofil. Asta înseamnă că sunt în același timp foarte agresive. Nu ca fluorul, dar tensidele cu putere mare de spălare pot irita sau usca pielea. Exact din acest motiv nu este recomandat să facem duș zilnic. Prin curățare temeinică atacăm ecosistemul florei dermice care ne îngrijește pielea. În plus, grăsimile nu se produc ca să ne enerveze pe noi sau ca să ne apară coșuri, ci ca să protejeze pielea de deshidratare. Dacă pielea este prea uscată, ea nu doar că ne va ustura, dar se va și crăpa. Ea nu-și va mai putea îndeplini sarcina de protecție, iar bacteriile și virusurile se vor strecura ușor în interior prin aceste fisuri.

Dar tot e mai bine decât să te lași pradă „chimicalelor”, ați putea spune. Adepții săpunurilor naturale au un inamic public declarat: tensida lauret-sulfat de sodiu. Cui nu-i place tensida asta, se va întrista plimbându-se printre rafturile drogheriei, pentru că este de departe una dintre cele mai frecvente tenside din șampoane sau din produse cosmetice.

Este o tensidă sintetică, „chimică” – pentru unii motiv suficient ca s-o înlocuiască cu săpunuri cu ulei de măsline pur.

Dar sufixul „et” din lauret-sulfat de sodiu transformă tensida într-un săpun mai delicat decât săpunul de rufe, așadar mai potrivit pentru uz cosmetic. Particula „et” reprezintă eterul din substanță, un fel de element de trecere între cap și coadă, poziționat pe scala hidrofob-hidrofil undeva la mijloc. Cu cât este mai lung acest element, cu atât este mai slabă puterea de curățare, deci săpunul este mai delicat cu pielea. Lauret-sulfatul de sodiu nu este mai agresiv, doar pentru că este o tensidă sintetică din laborator. Din contră, tocmai laboratorul permite producerea unor variante de tenside mai delicate cu pielea,

care nu ar fi posibile prin saponificare naturală și care pot fi folosite în șampoanele pentru bebeluși.

Îmi plac săpunurile naturale, pentru că protejează mediul înconjurător, dar cine are piele sensibilă sau uscată ar trebui să folosească săpunurile de casă doar pentru mâini. Mă doare inima să văd cum toate tensidele sintetice sunt luate de-a valma și catalogate drept „chimicale”. Nu înțeleg nici diferențierea dintre săpunurile naturale și cele chimice. La rândul ei, producția de săpunuri naturale este un proces chimic. Uleiul de avocado poate fi natural (mulțumită chimiei care a produs planta de avocado), dar fără hidroxid de sodiu oricum nu iese săpun din el. În plus, în laborator se pot produce și tenside prietenoase cu mediul. Dar „fără chimicale” vinde mai bine. Ar trebui să denumim această discriminare nejustificată a chimiei, această abordare nediferențiată, „chimism”. Opriți chimismul! 0000

De fapt, problema este marketingul producătorilor de cosmetice, indiferent că este vorba de produse „naturale” sau
„chimice”. Din perspectiva mea de chimist, nu este deloc în ordine ce se întâmplă. Cel mai bun exemplu îl constituie noul trend prin care produsele de curățare se vând ca „apă mice- lară”, „șampon micelar” sau „șervețele micelare”. Această
„tehnologie inovatoare” nu este altceva decât o găselniță de marketing. Fiecare produs cu tenside conține, firește, și

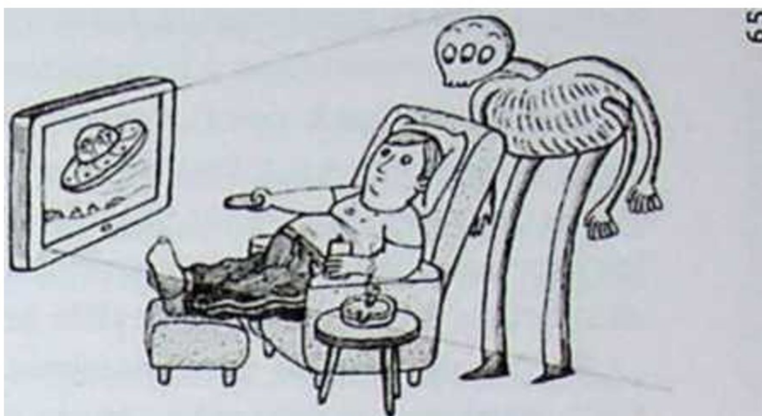
micelii. Poate n-ar fi o idee rea să lansăm pe piață și „pastă de dinți micelară”. Îmi și închipui cum ar suna: „Nou! FĂRĂ fluorizi! CU tehnologie micelară”.

Sună la ușă. Deschid și în fața mea stă Matthias, transpirat și fericit. Mă cuprinde un amestec de invidie și remușcare. Chiar ieri am primit un e-mail de la studioul de fitness cu subiectul: „Niciodată nu este prea târziu!”. Matthias pare că-mi citește gândurile și se hlizește:

— Statul jos este noul fumat!

— Hmpf, mormăi eu și mă așez la birou.

Statul jos este noul fumat



Stați bine? Poate n-ar fi rău să vă ridicați repede. Pentru

că: „Statul jos este noul fumat”.

„Cine stă mult jos moare mai repede”.

„În Germania mor de două ori mai mulți oameni din cauza lipsei de mișcare decât din cauza consumului de țigări”.

Călătoresc mult în interes profesional și atunci sunt mereu în acțiune, dar când lucrez de acasă mă mișc mult prea puțin. În prezent lucrurile stau chiar foarte prost, pentru că această carte îmi răpește mult timp.

Nu de puține ori ziua mea de lucru acasă arată astfel: mă trezesc odată cu Matthias și mă rostogolesc din pat direct la computer, pentru a-mi verifica „puțin” e-mailurile. Când zic că a trecut o oră mă trezesc cu Matthias la ușă. De fapt este ora șase seara. Sunt tot în pijama și am lucrat unsprezece ore. Tocmai din acest motiv ar trebui să fiu atentă și să mă mișc suficient. Pentru că a fost „DEMONSTRAT ȘTIINȚIFIC” că statul jos este noul fumat. Data viitoare, dragi fumători, vă rog să vă savurați țigara în picioare, nu stând jos.

Regulă de bază: ceva „demonstrat științific” și în același timp trăsnit fie nu a fost foarte bine demonstrat științific, fie nu este, de fapt, chiar atât de trăsnit. În sintagma „statul jos este noul fumat” este un sâmbure de adevăr, dar și multă exagerare. Să începem cu veștile proaste, cu adevărul.

Bolile sistemului cardiovascular, obezitatea, diabetul de tip 2, cancerul și depresia – toate sunt corelate cu un sistem de viață sedentar. Așa denumește știința „statul jos în exces”. Mi-ar plăcea să știu cât stăteau strămoșii noștri. Se așezau și ei cu fiecare ocazie pe câte o piatră sau se lungeau la pământ? A fost o pornire naturală să se apuce mai apoi să construiască scaune? Sau statul în exces este împotriva naturii noastre, o evoluție culturală (periculoasă)? Experții tind să dea crezare ultimei variante.

În articolul „Sitting is the new smoking: Where do we stand?” („Statul jos este noul fumat: cum stăm?”), doctorul Benjamin Baddeley scrie:

„Dacă un extraterestru ne-ar vizita planeta, ar fi uimit de viața modernă a omului și nu în ultimul rând de relația noastră cu efortul fizic. După șase milioane de ani petrecuți ca vânători și culegători, putem observa acum cum oamenii se cuibăresc în camere calde, se împotrivesc legii gravitației, tolăniți în fotolii comode în fața unor ecrane luminoase, sunt transportați de scări rulante de la un etaj la altul, fără să facă efort și stau în cutii încălzite călătorind de pe un continent pe altul. În mod ciudat, putem observa aceiași oameni cum își petrec «timpul liber» alergând fără motiv pe afară, indiferent de vreme, cum dau banii într-un loc numit «studio de fitness» pentru a ridica obiecte grele sau pentru a alerga pe o bandă, până se înroșesc la față și transpiră".

Mda. În vreme ce eu doar trimit banii la studioul de fitness, fără să și merg acolo. O formă tacită de comuniune, pe care probabil că o împart cu o grămadă de alți posesori de carduri de membru.

Fără îndoială că suntem o specie care cade tot mai des pradă *bolilor netransmisibile.* Este vorba de boli netrasmisibile care se răspândesc totuși asemenea unor epidemii moderne. Boli cronice care avansează lent. Cele patru categorii principale sunt bolile sistemului cardiovascular (ca atacurile cardiace sau vascular-cerebrale), cancerul, bolile pulmonare cronice sau diabetul de tip 2. Bolile netransmisibile stau la baza a 71% dintre decesele din lume. Potrivit OMS, 15 milioane de oameni între 30 și 69 de ani mor din cauza acestor boli. Nu scriu asta ca să vă stric ziua, ci ca să vă amintesc că aceste boli pot fi prevenite în mare parte. Cei mai mari factori de risc sunt la îndemâna noastră: fumatul, consumul excesiv de alcool, alimentația nesănătoasă și lipsa de mișcare.

Știm deja că lipsa de mișcare face rău, iar sportul face bine. Și ne este clar că stând jos ne mișcăm puțin sau deloc. Dar cât de periculos este?

O căutare pe Google pe tema „statul jos este noul fumat" va scoate la iveală felurite articole. Citind, vei afla

că inclusiv sportul regulat nu poate contracara efectele statului jos (Doamne, deci nici nu mai contează că nu merg la fitness, la cât stau eu, oricum sunt pierdută!). Este important să nu stai foarte mult jos. Să te ridici măcar o dată pe oră sau mai bine să folosești direct un birou fără scaun, altfel statul jos mult timp distruge toate avantajele pe care le câștigi cu greu în studioul de fitness sau la alergat în parc. Din acest punct de vedere, statul nu este doar opusul mișcării sănătoase, ci un inamic activ al sănătății. Cât de adevărate sunt astfel de enunțuri?

Am să vă răspund, însă înainte trebuie să acceptați că în știință nu există răspunsuri scurte și în același timp corecte.

Ne place să credem că știința ne pune la dispoziție evidențe clare. Nu este chiar așa. Știința poate produce cifre și măsurători clare, dar interpretarea lor este de multe ori atât de complexă, că nu pot rezulta mereu și în mod automat evidențe. Uneori ai o ipoteză și găsești în experimente confirmarea ei. Dar asta nu face din ipoteză o evidență, ci o supoziție bine argumentată.

În plus, ne place să credem că enunțurile „demonstrate științific” sunt adevărate. Dar de multe ori „adevărul” nu este decât suma actuală a tuturor supozițiilor bine argumentate. Experimentele noi pot duce la concluzii noi, care pot pune sub semnul întrebării lucrurile considerate până atunci „adevărate”. Cine gândește științific trebuie să fie pregătit să nu se mulțumească cu un răspuns simplu.

Studiu de caz: să zicem că-mi invit prietenii la cină. Un coleg de serviciu, să-i zicem Paul, este invitat prima oară. Nu știu ce-i place lui Paul să mănânce, nici ce mănâncă de obicei, în orice caz, am pregătit risotto, care îmi iese mereu și pentru care sunt lăudată deseori. Și de data asta toți mănâncă cu poftă. Mai puțin Paul, care nu termină din farfurie, deși mă ridică în slăvi.

Întrebare: de ce nu a mâncat Paul tot?

Răspunsurile pot fi variate:

Nu i-a plăcut.

Sau: nu-i era foame.
Sau: Paul nu mănâncă în general mult ori este la dietă.

Indiferent de motiv, nu poate fi un răspuns complicat, nu? Mda, întreabă-l asta pe un om de știință și-ți va spune că:

Paul a mâncat mai puțin decât ceilalți invitați. Este posibil fie ca Paul să mănânce sub medie, fie ca ceilalți invitați să mănânce peste medie. Paul a fost singurul care nu a terminat din farfurie. Și în trecut s-au mâncat în mod constant cantități mai mari de risotto. Coroborate, aceste evidențe indică faptul că motivul comportamentului deviant este la Paul.

Cantitățile mai mici de mâncare pot avea diverse motive. Unul poate fi sentimentul de foame sub medie al lui Paul, deși în acest moment nu se poate stabili dacă este vorba de un principiu general. Este posibil ca Paul să fi mâncat la prânz peste medie sau este posibil ca el să nu mănânce mult seara, în general.

Un alt motiv pot fi preferințele alimentare ale lui Paul. Poate nu i-a plăcut și aceasta poate avea la rândul ei mai multe motive: nu-i place risotto în general sau nu i-a plăcut risottoul cu porumb. Aceste supoziții nu sunt susținute de afirmațiile sale, prin care a comunicat o experiență culinară favorabilă. Cu toate acestea, în trecut s-a observat că astfel de afirmații nu oglindesc neapărat realitatea, ci sunt folosite pentru a întări legătura socială cu gazda sau pentru a se conforma unor etichete sociale. Pentru că momentan nu avem mai multe informații despre obiceiurile culinare ale lui Paul sau despre comportamentele lui sociale, trebuie să fim atenți când luăm în calcul această ipoteză.

Este posibilă și o combinație de diverse motive, deși momentan nu poate fi cuantificată influența diverșilor factori.

Sunt necesare viitoare cercetări aprofundate.

Mai sunteți aici? Sau v-am pierdut de mult? Dacă nu ați

citit niciodată niciun studiu științific, așteptați-vă să dați peste AȘA ceva la prima lectură. Vă jur, nu exagerez deloc. Lucrurile stau mai bine într-un articol științific dintr-un ziar. Ține fără îndoială de penița jurnalistului, riscul fiind că aici pot apărea interpretări greșite sau simplificate ale rezultatelor cercetărilor.

Problema este că aceste rezultate sunt greu de verificat în baza unui articol de ziar. Sigur, ne putem duce la studiul-sursă. Dar ia să ne închipuim că fiecare al patrulea cuvânt din studiul de caz despre Paul este un termen de specialitate, pentru că aceasta este realitatea publicațiilor științifice. Ele sunt de neînțeles, pe multe planuri! Sunt scrise într-un alt limbaj, cel științific. Cu detalii și diferențe fine care te împiedică să tragi o concluzie clară. Studiul nostru de caz este scris într–un limbaj inteligibil. Dar ați putea rezuma corelațiile dintre Paul și risotto? Nu este chiar așa de ușor, nu-i așa?

Este clar acum cât de importantă este medierea mesajului științific, pentru că, dacă ai citi singur studiul, probabil că nu ai ajunge foarte departe. În plus, unele studii nici nu pot fi accesate gratis. De aceea este atât de important jurnalismul științific de calitate. Dar toți jurnaliștii știu că ne plac răspunsurile simple. Și titlurile simple. Și mai bine: simple și dramatice! Astfel apar titluri ca „Statul jos este noul fumat” sau „Lui Paul nu-i place risottoul cu porumb”.

Nebunia media de pretutindeni referitoare la pericolul statului jos a fost oricum atât de mare, încât inclusiv reportajele pe subiect au devenit teme de cercetare. Cercetătorii științifici în comunicare din Australia au evaluat aproape 50 de articole de ziar (online sau tipărite) pe tema pericolului provocat de statul jos. Rezultatele sunt foarte interesante:

În primul rând: aproape o treime dintre articole arătau că statul jos îndelungat este atât de nociv, încât neutralizează efectele sănătoase ale sportului. În acest context, titulatura de „noul fumat” este bine meritată. Dar

așa și este? Pe scurt – nu! Dacă între timp v-ați ridicat cu toții panicați în picioare, puteți să vă așezați la loc. În realitate, există suficient de multe dovezi științifice care arată că sportul și mișcarea compensează efectele negative ale statului jos. Celui care stă mult jos i se recomandă să stea în picioare o oră sau o oră și jumătate pe zi. Există vreo diferență dacă mă mișc în fiecare zi câte puțin sau dacă fac toată mișcarea într-o singură zi din săptămână? Chiar și așa-numiții *Weekend Warriors* – „războinicii weekendului” –, care fac sport doar una sau două zile pe săptămână („doar”... sentimentul meu de vinovăție crește când scriu asta...) pot lupta eficient contra statului jos.

Este periculos să spui că statul jos dăunează activ sănătății. Văzând titlul „Statul jos este noul fumat”, unii vor bâjbâi speriați după adidași. Este vorba de cei care după Crăciun se prezintă plini de elan la sala de sport, ca să dea jos de pe burți prăjiturile și porcul. Eu fac mai degrabă parte din categoria celor care se demotivează repede și se gândesc că nu are sens să mă mai duc nicăieri.

Dacă pleci urechea la ce spune știința, atunci statul jos trebuie privit ca un risc subestimat. Când vorbim despre mișcare și sport, ar trebui să implicăm mereu în ecuație statul jos pe perioade lungi. Doar că reducerea timpului în care stai jos nu dă aceleași rezultate ca mai mult sport. Dacă citești cu atenție studiul *Weekend Warrior, o* să afli că ar trebui să-ți scurtezi cu câteva ore bune timpul zilnic de stat jos ca să ajungi la aceleași rezultate ca atunci când practici sport în una sau două zile pe săptămână. Dacă oscilezi între să stai mai puțin jos, să faci zilnic o plimbare sau o dată pe săptămână sport intens, atunci probabil că ar trebui să te întrebi pe care din cele două le-ai putea face mai des.

În acest caz este la fel ca în cazul dietelor: eficientă este dieta pe care poți s-o ții cel mai mult timp. În același timp, rezultatele științifice pot fi citite și într-o notă constructivă: obiectivele noastre pentru o viață sănătoasă și activă s-au îmbogățit cu încă o activitate: să stăm mai puțin jos. Este o șansă pentru cei care nu vor sau nu pot face sport. Doar că

titlul „Statul jos este noul fumat” este mai captivant decât „Noul sport: stați mai puțin jos”.

În al doilea rând: un sfert dintre articole au subliniat că riscul cel mai mare este pentru oamenii care muncesc la birou.

Este firesc, cine lucrează la birou stă jos multe ore. Dar dacă privești cu atenție statisticile, ai să afli un lucru foarte interesant: a sta jos nu este același lucru cu a sta jos. Cine stă la birou trăiește mai sănătos decât o persoană care petrece mult timp în fața televizorului. Să înțeleg că la birou pot sta jos fără remușcări, în vreme ce la televizor ar trebui să stau în picioare?

Iată un exemplu minunat care ne arată că cifrele singure nu se traduc în activități raționale. Am să explic cum se ajunge la această corelație: cine lucrează la birou are un statut socioeconomic ridicat, un anumit nivel de educație și își poate permite un anumit stil de viață. În general, acești factori avantajează o sănătate fizică și psihică mai bună. Din punct de vedere statistic, oamenii mai bogați sunt mai sănătoși.

Un consum ridicat de televiziune se corelează statistic cu un statut socioeconomic scăzut, un nivel educațional limitat și o rată mai mare a șomajului. La rândul lor, acești factori se corelează cu o sănătate fizică și psihică mai proastă și cu o alimentație mai puțin sănătoasă. De exemplu, cine se uită la televizor va fi expus mai des la reclame pentru mâncare nesănătoasă.

Vedeți cât se complică lucrurile. Putem afla ușor câți oameni stau în fața televizorului și câți la birou. Dar ca să tragi de aici concluzii asupra influenței statului jos asupra sănătății este imposibil. Cu alte cuvinte: doar pentru că statul la televizor este legat de un risc mai mare de boli netransmisibile, nu înseamnă automat că în această ecuație complexă statul jos reprezintă pericolul cel mare.

Putem spune cu siguranță un lucru: bolile netransmisibile pot fi corelate cu statutul socioeconomic. Dacă privești la nivel internațional, vei putea observa că

80% din cazuri se înregistrează în țările cu venituri mai mici. În aceste condiții, la nivel global, cel mai afectat nu este corporatistul tipic. Este de înțeles de ce media pune accent pe statul la birou, pentru că grupul-țintă al articolelor și reportajelor din presă sunt oamenii care lucrează la birou și care probabil tocmai stau în scaunul lor de la birou și citesc cum că ei de fapt cvasifumează.

În al treilea rând: peste 90% dintre articole subliniază că este responsabilitatea individului să se miște.

Și nu este adevărat? Și eu am afirmat mai sus că riscurile bolilor netransmisibile pot fi combătute, pentru că cei mai mulți factori de risc sunt la îndemâna noastră. Poate că ar trebui să fac câteva clarificări, ca să nu cad în aceeași capcană în care cad majoritatea articolelor pe această temă.

Sigur că, la urma urmelor, eu sunt cea care își pune mușchii în mișcare. Dar există atâția factori externi care îmi influențează voința. De exemplu, am un nivel de bunăstare care îmi permite să dau bani ca să merg la sala de sport (de fapt, sunt atât de înstărită încât plata accesului la sală nu este un motiv suficient ca să mă convingă să și merg acolo). În plus, sunt antreprenoare, deci nu am un șef sau colegi care să mă privească strâmb dacă mă ridic din oră în oră și fac câteva exerciții. Și, după știința mea, sunt sănătoasă psihic, deci pot să mă îngrijesc de sănătatea mea fizică. Și așa mai departe.

„Un pic mai multă mișcare” este ușor de zis și mai greu de făcut, pentru unii chiar mai greu decât pentru alții. Faptul că 80% din cazurile de boli netransmisibile apar în țările cu venituri mai mici nu ține de voința locuitorilor, ci mai degrabă de statutul lor socioeconomic și de circumstanțe complexe care derivă din aceasta.

Dacă vrem să luptăm contra bolilor netransmisibile, avem multe arme la îndemână. De la educație la educare și până la măsuri concrete care să încurajeze mișcarea și care să fie integrate de angajatori în programul zilnic de muncă, cum ar fi birouri reglabile sau pauze de mișcare

reglementate.

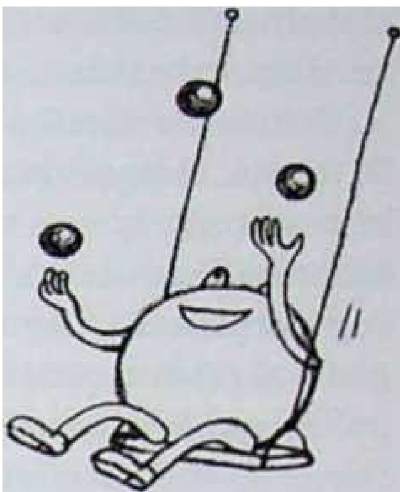
Cu ce rămân eu din toate acestea? Am să mă simt mai puțin vinovată că nu merg la sală, cel puțin până nu termin cartea. În schimb, o să mă ridic de la birou din oră în oră și o să fac de exemplu douăzeci de exerciții. Sau o să ies seara la o plimbare. Sau ambele.

Cu ce rămâneți voi din rezultatele cercetărilor este decizia voastră. Important este că nu trebuie să ne mulțumim cu răspunsuri concise, ci să privim situația din toate unghiurile. Putem lua decizii bune doar când înțelegem cu adevărat problemele.

Eu mă pregătesc să iau o pauză de mișcare.

Mă însoțiți?

Haotic prin natură



„Și cu ce te mai ocupi? în afară de Youtube?”

Majoritatea presupune că trebuie să mai fac ceva pe lângă canalul de Youtube. Firește că mai fac și alte lucruri, dar asta doar pentru că sunt puțin ticnită. Să produci săptămânal un filmuleț științific ar fi suficient pentru un serviciu cu normă întreagă la care nu m-aș plictisi o clipă. Este de la sine înțeles că trebuie să filmezi și să montezi

videoclipul. Dar la fel de mult timp, uneori chiar mai mult, este necesar pentru cercetare și scenariu. Înainte să am acasă internet prin fibră optică, o zi din săptămână o petreceam transferând date. Când jonglezi cu fișiere video, aduni rapid câțiva gigabiți. În funcție de conexiunea la internet poate fi mai ușor să trimiți informațiile salvate prin poștă.

Cum am terminat montajul, trebuie imediat să încarc filmul. Videoclipurile mele apar online joia, la 6:30 dimineața, dar le pot încărca și mai devreme și să setez ora publicării. Uneori videoclipul este gata cu doar câteva ore înainte de ora-limită, adică în timpul nopții. Așa se întâmplă când mai ai și altceva de făcut, pe lângă Youtoube. De data aceasta mai am timp, este abia miercuri după-amiaza.

Uneori în filmulețe se vede și biroul meu, curat lună. Doar de fațadă, desigur. În mod regulat, biroul meu se transformă într-un haos aproape jenant. De obicei, nu sunt un om dezordonat. Dimpotrivă, unele dintre domeniile vieții mele sunt superorganizate. De exemplu, agenda sau emailurile și în general tot ce poate fi ordonat electronic. Cu excepția dulapului meu, în care hainele sunt ordonate chiar și pe culori, în lumea analogă fac eforturi să păstrez curățenia. Mai ales de când lucrez de acasă și nu deranjez pe nimeni cu dezordinea mea, lucrurile scapă periodic de sub control. Deși de obicei îmi place să primesc vizite acasă, nimeni nu are voie să treacă neanunțat, pentru că m-ar putea surprinde într-o fază foarte haotică, la care au voie să fie martori doar prietenii mei cei mai apropiați.

Dar de ce nu ne simțim în largul nostru când lucrurile nu sunt în ordine? Nu văd nicun motiv logic pentru care să ne fie rușine. Replica ar putea fi că, dacă nu-ți ții biroul în ordine, nu-ți poți ține în ordine nici viața. Dar eu nu prea sunt convinsă de asta. Dacă haosul ar dăuna muncii mele, cu siguranță că m-aș mobiliza, pentru că nimic nu-mi displace mai mult decât ineficiența. Știu mereu unde îmi pot găsi toate lucrurile. Când încep să pierd timpul căutându-le, înseamnă că este cazul să fac curățenie. De obicei câștig mai mult timp așa, pentru că, una peste alta,

petrec mai puțin timp strângând și punând la loc. Este logic. Nu sunt haotică, sunt pur și simplu pragmatică!

Trebuie să recunosc că ordinea pare a fi o nevoie umană. Ordinea și buna purtare fac casă bună, pentru asta există chiar dovezi științifice. Psihologul Katie Liljenquist observa că simplul miros de praf de curățat cu aromă de lămâie ne poate determina să ne comportăm mai etic. Ea a lucrat cu două grupe de subiecți în două camere identice, doar că sala A era fără miros, în timp ce în sala B mirosea a praf de curățat cu aromă de lămâie. În mod surprinzător, subiecții din camera B s-au comportat mai corect și mai generos în timpul experimentului și au fost mai dispuși să facă donații unei organizații de caritate. Să fi fost vorba de simpla asociere cu curățenia sau mirosul de lămâie a avut un efect magic?

Psihologul Kathleen Vohs a aprofundat problema câțiva ani mai târziu și a adus două grupe de subiecți într-o cameră în care se făcuse recent ordine și într-una dezordonată.

Vohs a lăsat grupele să facă diverse activități fără corelație între ele și să răspundă la chestionare. Între ele se afla o cerere de donație. La fel ca în cazul prafului de curățat, morala s-a îmbinat cu ordinea: participanții din camera ordonată au fost dispuși să doneze mai mult. La sfârșitul experimentului, participanților li s-a oferit o gustare: fie un măr, fie ceva dulce. Aceia care-și petrecuseră timpul în camera ordonată au ales mai des mărul, în vreme ce „dezordonații" au preferat snackul nesănătos. Se pare că noi, oamenii, avem nevoie de ordine și de disciplină ca să ne comportăm așa cum trebuie.

Menționez cu plăcere studiile psihologice, pentru că sunt de multe ori povești mai reușite decât experimentele chimice. Dar nu pot să nu mă întreb mereu cât de reproductibile sunt aceste studii. Reproductibilitate înseamnă: dacă aș repeta același studiu cu aceleași metode, dar cu alți participanți, aș ajunge la același rezultat? Din păcate, răspunsul este: nu întotdeauna. În

funcție de cât de pesimist ești, răspunsul ar putea să sune și: nu de prea multe ori.

În 2015 a fost publicat un proiect de mari dimensiuni, la care s-au alăturat 270 de oameni de știință. Ei au luat 98 de studii psihologice deja publicate și le-au repetat. Mai puțin de jumătate au ajuns la același rezultat ca în studiile originale – un duș destul de rece, ca să mă exprim delicat. Care să fie cauza? Sau cum naiba se poate întâmpla așa ceva?

Este vorba despre metodele științifice, adică despre felul în care sunt colectate și interpretate datele. Dacă sunteți interesați de știință, rețineți: rezultatele științifice spun foarte puține lucruri, atât timp cât nu puteți stabili cum ați ajuns la aceste rezultate.

Să aprofundăm un pic subiectul. Închipuiți-vă că ați realizat un medicament nou și vreți să-i verificați clinic eficienta.

Procedura standard în aceste cazuri este un studiu randomizat controlat. Ce denumire încuietoare! Dar merită s-o înțelegem, mai ales pentru cazurile în care, pe viitor, un articol de pe internet va încerca să vă vândă „rezultatele unui nou studiu”. Atunci merită să faceți o verificare a studiilor randomizate controlate și să înțelegeți mai bine ce este cu aceste rezultate.

Hai să deconstruim denumirea de „studiu randomizat controlat”. Ce este un studiu, ar trebui să știm cu toții. Dar de ce un studiu nu este tot timpul la fel cu altul vom înțelege dacă ne vom uita mai atent la cele două adjective.

Să începem cu „controlat” și să ne întoarcem la medicamentul pe care l-ați descoperit și pe care vreți să-l testați. Ca să ne distrăm până la capăt, hai să ne închipuim că este un medicament împotriva procrastinării, adică al „amânaritei”, prostul obicei de a amâna anumite sarcini și de a le duce la bun sfârșit când aproape că este prea târziu. (Nu există un asemenea medicament, dar, dacă îl descoperiți, iuhuu, o să vă îmbogățiți.) Ce faceți mai departe?

După ce medicamentul a fost testat cu atenție în

laborator, la microscop și în experimente pe animale, vine rândul studiilor clinice. În acest moment dați medicamentul cât mai multor oameni și observați dacă devin mai productivi și amână mai puține lucruri. Dar acest lucru nu este suficient. Aveți nevoie neapărat de un așa-numit experiment controlat, pe care îl veți face cu o a doua grupă de participanți la studiu, grupul de control. Grupul de control primește în locul medicamentului un placebo, adică o pilulă fără substanță activă. Puteți face pariu că în medie și grupul de control va deveni mai productiv și va amâna mai puțin, mulțumită efectului placebo. Dacă știu (sau cred) că iau un medicament și mă aștept la un anumit efect, atunci acesta se transformă de multe ori într-o profeție care se autoîndeplinește – ce mă aștept să se întâmple se întâmplă.

Un medicament este declarat eficient doar dacă la participanții din grupul de test se va produce o productivitate semnificativ accentuată față de placebo din grupul de control. Fără acest control studiul nu are relevantă științifică.

Am ales ca exemplu medicamentul împotriva amânaritei pentru că este clar că în acest caz efectul placebo va juca un rol important. Motivația spre productivitate este un lucru psihologic, pe care ți-l poți închipui ușor (de ce „închipuirea” reprezintă o trăsătură biologică vom explica mai pe larg în *Capitolul 7).* Efectul placebo joacă aproape mereu un rol în medicină, fie că este vorba despre analgezice, antialergice, medicamente de tensiune și așa mai departe. Ar trebui să purtăm permanent cu noi o cutie de tablete placebo pe care să le oferim prietenilor în diverse situații. Se plânge cineva de dureri de cap, scoți placebo și spui: „Ah, ce coincidență, am niște tablete de cap la mine!” Funcționează și pentru alte probleme: „Ia uite, am la mine niște tablete de stomac”. Sau: „Am un preparat homeopat care își face mereu efectul”.

Pe de altă parte, există efectul nocebo, fratele negativ al efectului placebo. La rândul ei, așteptarea că vei avea un efect secundar nedorit se poate transforma într-o profeție

autoîndeplinită. Se întâmplă frecvent ca participanții la un studiu clinic să părăsească studiul din cauza efectelor secundare, fără să știe că se aflau într-un grup placebo, că nu au primit substanță activă și nu au de ce să se plângă. Să luăm ca exemplu o banală injecție cu soluție salină – știu, pentru mulți „banal” și „injecție” reprezintă o contradicție. Dar o astfel de injecție este inofensivă pentru cei cu alergii alimentare. Cu toate acestea, o injecție placebo fără alergeni poate declanșa la anumite persoane reacții alergice veritabile.

Acum, că am înțeles cum funcționează efectele placebo și nocebo, nu doar că trebuie să împărțim participanții în grupuri de test și de control, ci este la fel de important ca participanții să nu știe în ce grup au fost repartizați. În plus: nici cercetătorii care se ocupă de derularea și de evaluarea acestor studii nu cunosc acest aspect. Când analizează setul de date al unui pacient, nu știu dacă acesta a primit substanță activă sau placebo. Sunt cercetător, dar nu sunt decât un om, iar așteptările mele personale ar putea influența conștient sau inconștient rezultatele studiului și obiectivitatea acestuia. Nici noi, cercetătorii, nu avem deplină încredere în noi și este bine să fie așa. Această metodă se numește procedeul orb, iar un studiu în care atât participanții, cât și oamenii de știință sunt ținuți în întuneric se numește un studiu dublu orb. Abia după evaluarea datelor se poate renunța la procedeu.

Așadar, criteriile de calitate ale unui studiu clinic sunt să fie controlat și dublu orb. Să ne concentrăm acum asupra adjectivului „randomizat”. Când am menționat la un moment dat într-un videoclip studiile randomizate controlate, toți au crezut că încerc, fără succes, să găsesc o traducere potrivită pentru „random”, care se traduce prin „întâmplător”. Dar randomizat nu înseamnă întâmplător, dimpotrivă randomizarea reprezintă îmblânzirea conștientă a întâmplării. Ce vreau să spun cu aceasta?

Să luăm din nou ca exemplu medicamentul contra procrastinării. Dacă vrem să verificăm dacă are efect, fără îndoială că ne dorim să aibă efect. Există pericolul să

împărțim conștient sau inconștient participanții la studiu în grupul de test și cel de control în avantajul nostru. Aș putea pune participanții mai productivi, care amână mai puțin, în grupul de test și pe cei mai puțin productivi în grupul de placebo. Astfel aș distorsiona rezultatul. Ca să nu se întâmple asta, participanții sunt randomizați, adică împărțiți la întâmplare în cele două grupuri cu ajutorul calculatorului. În acest mod, cercetătorii nu pot influența cu nimic rezultatul.

Acum sper că înțelegeți de ce măsura de aur a studiilor clinice este reprezentată de studiul randomizat controlat. În ciuda tuturor acestor măsuri, corelațiile medicale sunt atât de complexe și de diverse, că este greu să ajungi automat la un răspuns simplu, în ciuda aplicării celor mai bune metode (ne amintim de *Capitolul 4).* Chiar și în cele mai bune studii randomizate controlate se poate întâmpla ca rezultatul să nu poată fi reprodus.

Problema slabei reproductivități apare în special în psihologie. Nu pentru că psihologii fac treabă de mântuială, ci pentru că metodele psihologice nu sunt la fel de precise ca studiile randomizate controlate. De exemplu, studiile psihologice se bazează deseori pe chestionare, adică pe afirmațiile participanților la studiu. Cât de mult te poți baza pe ele?

Răspunsul vi-l dați și singuri. Deocamdată nu există metodă mai bună pentru a afla cum se simte cineva. O conversație amănunțită cu un expert care să evalueze participanții nu este nici ea lipsită de erori, pentru că evaluarea calitativă a cercetătorului nu poate fi echivalată unei măsurători fizice, din care să rezulte un indicator numeric. Este de la sine înțeles că în acest gen de experimente este afectată reproductivitatea. În plus, relevanța statistică presupune un anumit număr de participanți. Un studiu bun presupune un număr cât mai mare de participanți. Trebuie găsite metodele care să poată fi puse în practică și reproduse la scară largă. Cercetătorii pot lucra corect și cu simțul răspunderii, dar aceasta nu înseamnă că nu pot greși, pentru că eroarea este ascunsă

în însăși metoda de cercetare. De aceea nu încetez să spun: atenție la metode, când vă ocupați de rezultate științifice. Puneți-vă mereu întrebarea: cât de precise au fost metodele de cercetare? Rezultatele izolate pot să ne inducă în eroare. Nu vreau să spun că studiile psihologice sunt o prostie. Putem să ne bucurăm în continuare de concluzii precum „soluția de curățat cu aromă de lămâie ne face mai cuminți”, atât timp cât nu uităm niciun moment să le privim cu un ochi critic. O reacție potrivită ar fi: „Ce interesant!”, nu: „Hai să dezinfectez camera copiilor!”

Din păcate, mulți înțeleg greșit știința, grăbindu-se să pună în practică rezultatele cercetărilor. Ideea că ordinea ne face să acționăm moral se corelează cu așa-numita teorie a ferestrei sparte, din domeniul prevenirii criminalității. Potrivit acestei teorii, trebuie pedepsite cu asprime delictele minore, cum ar fi gunoiul de pe stradă, mâzgăliturile cu graffiti sau ferestrele sparte, pentru că delictele majore își au punctul de pornire în cele minore. Ordinea și disciplina luptă împotriva criminalității, atât timp cât delictele minore sunt combătute riguros și pedepsite aspru.



Această teorie a fost și este combătută, deoarece pedepsele nu țin cont de circumstanțe, iar eficacitatea măsurilor nu este dovedită. Cu toate acestea, unii continuă să facă referire la studiile mai sus amintite. Un alt exemplu că uneori rezultatele științifice nu sunt decât păreri bine fundamentate și nu este indicat întotdeauna să le punem în practică.

Kathleen Vohs și colegii ei și-au pus întrebarea: dacă omul are atâta nevoie de structură și de ordine, de ce se impune mereu haosul? Poate au nevoie de haos la fel de mult ca de ordine? Vohs s-a folosit din nou de două camere pentru experimente, una ordonată și una în dezordine, ca să testeze teoria deja răspândită, dar niciodată dovedită științific: haosul generează creativitate.

Sarcină creativă pentru voi: imaginați-vă că aveți o fabrică de mingi de ping-pong și vă confruntați cu problema că oamenii joacă tot mai puțin tenis de masă. Ca să nu dați faliment, trebuie să găsiți noi întrebuințări pentru mingile de tenis. Câte vă vin în minte? Dați frâu liber imaginației, veniți cu idei trăsnite, chiar dacă sunt greu de pus în practică.

Aceasta a fost sarcina pe care le-a dat-o Vohs celor două grupuri de participanți. Participanții din camera în dezordine au avut idei mai creative și mai puțin convenționale de folosire a mingilor de tenis, de exemplu ca formă de făcut gheață sau ca modele moleculare. O competență-cheie a oamenilor creativi o reprezintă gândirea neconvențională, punerea lucrurilor în contexte neobișnuite și combinarea celor care au puține în comun. Dezordinea pare să ne ajute aici.

Într-un alt experiment, Vohs le-a oferit participanților din cele două camere sucuri de fructe, etichetate ca „noi” sau „clasice”. Participanții din camera ordonată au preferat băutura „clasică”, cei din camera în dezordine pe cea „nouă”. Haosul ne încurajează să ne avântăm în teritorii necunoscute, noi, neconvenționale. Astfel Vohs a descoperit partea bună a haosului. Fără gândire creativă și inovativă nu ar exista nici artă, nici progres științific. Și, indiferent ce am spus mai sus despre abordarea critică a studiilor psihologice, recunosc că îmi place să citez această concluzie la care au ajuns cercetătorii, ori de câte ori musafirii neanunțați se confruntă cu haosul de la mine din casă.

Fiind chimistă, îmi place să mă raportez la haos din punct de vedere termodinamic. Termodinamica este un domeniu minunant, în care se întâlnesc fizica și chimia. Legile termodinamicii aduc cu drepturile omului, doar că pentru molecule. Ele nu diferențiază între particule diverse. Nu contează dacă vorbim despre o moleculă de oxigen sau despre un atom de aur, legile termodinamicii se aplică tuturor ființelor vii, obiectelor, moleculelor, atomilor, proceselor fizice și chimice.

Termodinamica reprezintă (alături de mecanica cuantică) înțelegerea științifică fundamentală a acestei lumi și a acestui univers. Iar termodinamica spune: universul nu tinde să fie haotic, el *trebuie să* fie așa. Altfel s-ar putea întâmpla să mă sufoc pe nepusă masă, în vreme ce scriu, deoarece toate moleculele de aer din camera mea s-au adunat brusc într-un colț și m-au lăsat fără suflare. Ce idee absurdă, îți spui probabil. Dar este chiar atât de absurdă?

Aerul din jurul nostru este format din 78% azot gazos, 21% din oxigen, restul de un procent sunt gaze rare și dioxid de carbon. Însă aceste molecule de gaz ocupă mai puțin de 0,1% din volumul camerei. Restul este nimic!

Acum priviți-vă vârful degetului mic. La unii este mai mare, la alții mai mic, dar să spunem că vârful degetului mic are un volum de un centimetru cub. Într-un volum de aer de un centimetru cub se găsesc cam 26 de trilioane de molecule de gaz. Vorbim de un număr cu 20 de cifre înainte de virgulă.

Aceste molecule de aer au și ele o masă. Una nu cântărește mult, dar însumate adună 1,2 kilograme per metru cub. Aceasta este densitatea aerului.

Moleculele nu au doar o masă – acest vârtej incredibil se și mișcă! Cât de repede se mișcă depinde de temperatură. Ne aducem aminte de ceașca de cafea din *Capitolul* 1: cu cât mai cald, cu atât mai repede. La temperatura camerei, moleculele de gaz ne trec pe la ureche cu o viteză de 1.000 de kilometri pe oră. Furtunoase rău moleculele astea mici. Ai putea spune că pun ceva presiune pe noi. Și chiar așa și este. Presiunea este forța per suprafață, iar prin lovirea

continuă asupra noastră și asupra altor suprafețe, ele degajă o presiune – presiunea aerului. Aceasta este de 1 bar, ceea ce corespunde unei greutăți de mai bine de 10.000 de kilograme pe metru pătrat.

Să presupunem că suprafața de deasupra capului meu este de 0,1 metri pătrați. Asupra mea se exercită o presiune a aerului de circa 1.000 de kilograme, adică o tonă, aproape cât un VW Polo. Și la voi este la fel, cu toții suntem bombardați fără încetare de molecule de aer. Cum rezistăm? De ce nu simțim nimic din această presiune puternică a aerului?



Este simplu, pentru că și noi ne compunem din molecule. Ele exercită la rândul lor o presiune către exterior, la fel de mare ca presiunea atmosferică. Când presiunea externă se modifică, simțim de obicei la nivelul timpanului. Această membrană subțire din ureche este insesizabilă atât timp cât presiunea este egală de ambele părți ale timpanului. Odată ce se modifică presiunea externă, de exemplu la decolare sau la aterizare, parcă ni s-ar astupa urechile. Dacă presiunea atmosferică crește, moleculele de aer presează din exterior asupra urechii și împing timpanul în interior. Dacă presiunea scade, moleculele presează din interior asupra urechii și împing timpanul spre exterior. Astfel apare senzația că ni s-au înfundat urechile. În aceste cazuri, timpanul nu mai poate oscila la fel de liber, de aceea auzim mai greu. Urechea are un fel de ventil, așa-numitele trompe ale lui Eustachio, numite uneori și trompetele urechii. Ele leagă urechea de

rinofaringe, un spațiu închis de obicei, dar care se deschide scurt prin mestecare sau căscat. În acest mod se asigură și reglarea presiunii.

În avion simțim diferența de presiune, pentru că la urcare aerul este tot mai rarefiat. Ce s-ar întâmpla dacă am urca și mai sus, de exemplu în spațiu? 0000

Atmosfera noastră densă, plină de molecule sălbatice de aer, este o raritate în univers. În spațiu domnește vidul. Vidul înseamnă spațiu gol, fără molecule, nimic. Ce s-ar întâmpla dacă am trimite un om fără costum de protecție în golul universului? Spoiler: ar muri. Dar întrebarea cu adevărat interesantă este: cum?

Acest scenariu a fost subiectul multor filme științifico-fantastice. În episodul opt al filmului *Războiul stelelor,* Leia este aruncată în spațiu și inițial ai zice că va îngheța, pentru că pielea pare presărată cu cristale de gheață. Unii fani ai serialului au fost de părere că scena este nerealistă, pentru că Leia supraviețuiește în final, fiind salvată cu ajutorul Forței și adusă înapoi pe navă. Mie scena mi se pare nerealistă, pentru că în univers nu ai îngheța așa de repede. Și asta deși este extrem de frig. Prin extrem mă refer că ne apropiem de punctul zero absolut, adică cel mai frig posibil.

Dacă temperatura nu este altceva decât mișcarea particulelor (ne amintim de *Capitolul* 1), atunci „cel mai frig posibil” este același lucru cu „cel mai lent posibil”. Punctul zero absolut, 0 Kelvin sau minus 273,15°C, ni-l putem imagina ca fiind punctul nemișcării absolute.

Mai rece decât starea de nemișcare absolută nu există, de aceea la temperaturi există o limită inferioară minimă. Dar a treia lege a termodinamicii interzice ca punctul zero absolut să poată fi atins în realitate. Universul ajunge aproape de limită, pentru că acolo avem o temperatură de 2,7 Kelvin, respectiv minus 270,45°C. Cum ai putea să *nu* îngheți în astfel de condiții?

Ne întoarcem iar la cafeaua din *Capitolul 1.* Încălzirea lichidului se realizează în principal prin transfer de căldură –

pentru aceasta moleculele trebuie să se lovească unele de altele. Cu cât intră mai multă materie în contact, deci cu cât se lovesc mai des particulele, cu atât mai bine se realizează transferul de căldură. De aceea este mult mai eficient să răcești băuturile într-o găleată cu apă rece decât să răcești băuturile într-o găleată cu cuburi de gheață (mic pont pentru zilele în care primești musafiri neanunțați și ai nevoie repede de băuturi reci). Între cuburile de gheață este aer, iar în comparație cu apa aerul este format din mai puține particule, deci au loc mai puține ciocniri. Nu este de mirare că sticlele se răcesc cel mai încet în frigider, pentru că aerul este un conductor slab de căldură.

VID



Dar și mai ineficient este vidul în univers, pentru că aici nu avem materie. Fără materie nu sunt nici molecule, către care aș putea transfera căldura corpului meu. M-aș răci prin radiație termică, dar încet. Aceasta înseamnă că, în ciuda temperaturilor aproape de zero absolut, în spațiu nu am îngheța instantaneu.

Dar oare am exploda? Teoria ar fi că, prin dispariția presiunii atmosferice externe, care nu mai ține piept presiunii interne a corpului, acesta s-ar pulveriza. Există multe filmulețe drăgălașe pe Youtube în care se pun sub un clopot vidat bezele în crustă de ciocolată. În momentul în care de sub clopot se extrage încet aerul, crusta se crapă și spuma albă din interior se revarsă în toate părțile. Noroc că nu suntem bezele. Pielea și țesuturile noastre sunt suficient

de robuste ca să nu permită să ne dezintegrăm în spațiu.

Dar nu este musai să fie o explozie. Se poate și mai puțin dramatic, dar cu toate acestea foarte neplăcut. Chiar și pe vârfuri în atmosfera terestră, adică la 18 sau 19 kilometri deasupra nivelului mării, corpul nostru începe să dea pe dinafară, am putea spune. Este vorba despre ebulism (din latinescul *ebullire* care se traduce prin „a țâșni afară, a se revărsa”). Sună efervescent, dar simptomele sunt îngrozitoare: apa din gură și din ochi începe să se evapore, sunt afectate circulația sangvină și respirația, creierul nu mai este alimentat cu suficient oxigen, pentru că arterele sunt blocate, iar plămânii se pot inflama și sângera. În astfel de cazuri îți dorești urgent Polo-ul plin cu molecule de aer deasupra capului.

Cum de se întâmplă aceasta? în astfel de cazuri, un lichid se evaporă transformându-se în gaz. Ca să se evapore, există două posibilități. Prima: fierberea apei. Am discutat în *Capitolul 1.* Când fierb apă, moleculele din lichid se mișcă. Dorința de mișcare este la un moment dat atât de mare, încât moleculele nu mai vor sau nu mai pot rămâne unite și se evaporă. Dar mai există o altă posibilitate să evapori apa: să scazi presiunea. Apa începe să se evapore la 100°C, numai la presiunea atmosferică de la nivelul mării. Pe vârful Everest, la 8.848 de metri înălțime, apa se evaporă deja la 70°C, din cauza presiunii atmosferice scăzute. Pe de o parte, pentru că apa este lichidă și moleculele de apă sunt unite, pe de altă parte, pentru că asupra lor se exercită presiunea aerului. Așa cum moleculele de aer se abat asupra noastră, așa se împing și apasă și pe moleculele de apă din oala mea. Dacă îmi iau oala pe Everest, acolo aerul este mai rarefiat, iar numărul de molecule de aer care ajung în apă este mai mic. Cu cât este mai scăzută presiunea atmosferică, cu atât este mai ușor pentru moleculele de apă să părăsească oala și să se evapore. Iar la o înălțime de 18 sau 19 kilometri aerul este atât de rarefiat, încât apa se evaporă deja la temperatura corpului. În spațiu, unde presiunea atmosferică este practic nulă, nu avem probleme cu evaporarea.

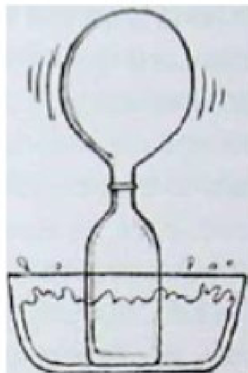
În plus, aerul s-ar expanda foarte mult în plămânii noștri. Volumul unui gaz, la fel ca starea lui de agregare, poate fi influențat în două moduri. În primul rând prin temperatură: cu cât temperatura este mai scăzută, cu atât gazul ocupă mai puțin spațiu; cu cât este mai ridicată, cu atât are nevoie de mai mult spațiu. Ca să înțelegeți nu trebuie decât să luați o sticlă și să îi înlocuiți capacul cu un balon. Atât timp cât aerul nu poate ieși din sticlă, putem observa cum balonul „se umflă” imediat ce încălzim sticla, de exemplu într-o baie de apă fierbinte. Cum se răcește sticla, cum balonul se dezumflă.

În al doilea rând volumul unui gaz poate fi influențat prin presiune: când umflu un balon, moleculele de aer din interior se lovesc de membrana balonului. Mărimea balonului nu depinde doar de cantitatea de aer cu care umflu balonul, ci și de presiunea atmosferică din exterior. Dacă presiunea scade, balonul va continua să se expandeze. Un balon plin în mare parte cu gaz va exploda în spațiu.

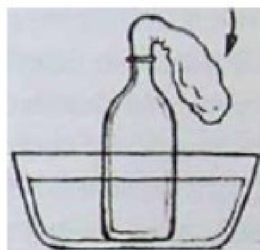
De încercat acasă – experimentul nr. 2



Un balon este pus peste gâtul unei sticle



în apă fierbinte volumul aerului crește și balonul este umflat



în apă rece balonul se dezumflă

Dacă m-ar arunca cineva din greșeală în spațiu, probabil că instinctiv mi-aș ține respirația. Volumul aerului ar crește rapid, iar plămânii mei ar exploda. De aceea e mai bine să expiri repede – deși nu prea contează nici asta, pentru că oricum mori. 0000

Chiar dacă nu am exploda ca o bezea în crustă de ciocolată, iar pielea și țesuturile ar rămâne intacte, oricum nu am supraviețui mult. În anii 1960, astronautul Jim Leblanc a reușit să scape doar cu sperietura când, în timpul unui exercițiu din camera cu vacuum, echipamentul lui spațial s-a dovedit a nu fi perfect etanș. Ultimul lucru de care și-a amintit, înainte să leșine, a fost felul în care îl gâdila în gură saliva care se evapora. Din fericire, a fost scos rapid la aer și nu s-a ales cu sechele pe viață.

Se evaporă, țâșnește și bolborosește, dar de murit probabil că am muri în primul rând, și deloc spectaculos, din cauza lipsei de oxigen. Din fericire, după câteva secunde fără oxigen, creierul ne-ar forța să leșinăm și ne-ar scuti de neplăcerile ulterioare. Din acest motiv sunt de acord cu criticii filmului *Războiul stelelor: este* absolut nerealist să crezi că Leia ar fi putut folosi Forța, care cere atât de multă concentrare, taman într-un spațiu fără aer.

Interesantă este și întrebarea ce s-ar întâmpla după moarte în spațiu cu corpul nostru. Scurt și la obiect: mai nimic. Procesele de descompunere, care se declanșează la capătul vieții noastre pământești, sunt reacții chimice cu oxigen și apă, care au nevoie de un pic de căldură și parțial de ajutorul microorganismelor. Acestea nu există în spațiu, așadar un mort se va conserva acolo foarte bine. Măcar atât.

Dar să revenim pe Pământ, înainte să devenim prea macabri. În vreme ce stau la birou și îmi încarc videoclipul, am, spre norocul meu, destule molecule de aer în jur. Dacă ușa și ferestrele sunt închise, ele nu pot ieși, dar se pot mișca libere în cameră. Nimeni nu le indică moleculelor în ce direcție s-o ia. Teoretic este posibil ca toate moleculele să se întâlnească la un moment dat într-un colț al camerei și eu să nu mai am aer și să mor pe Pământ de o moarte spațială. Posibil este, dar foarte-foarte puțin probabil. De aceea în chimia fizică se vorbește rar despre posibilități și imposibilități, ci mai degrabă despre probabilități. Așa recunoști și în viața de zi cu zi un chimist fizician. El nu-ți va

spune niciodată: „N-aș putea să alerg un maraton”, ci: „Este puțin probabil să termin vreodată un maraton”.

În spatele acestei improbabilități stă deja bine-cunoscuta a doua lege a termodinamicii. În *Capitolul 1* spuneam: „închide fereastra, iese căldura!” Căldura se îndreaptă mereu de la cald spre rece, niciodată invers. Generalizând, putem afirma că dezordinea nu se ordonează niciodată de la sine. Este atât cazul universului în general, cât și al biroului meu în special. De la sine, biroul meu nu devine mai ordonat, doar mai haotic. Orice proces natural din univers, fie el fizic, chimic sau biologic, produce o dezordine mai mare decât cea inițială, în cazul în care nu se depun eforturi pentru a schimba sau opri procesul (în cazul în care nu îmi fac ordine pe birou). Dezordinea are și o denumire științifică: entropie. Entropia din univers devine tot mai mare.

Ce înseamnă aceasta pentru supraviețuirea mea la masa de scris? Dacă toate moleculele de gaz din camera mea se mișcă liber și independent, în dezordine și tot mai haotic, atunci este logic că se distribuie destul de regulat în spațiu. Dacă am vrea să adunăm moleculele în colțul camerei, ar trebui să le limităm libera circulație și să punem ordine în sistem. Iar aceasta este împotriva legilor universului, deci imposibil. Ah, am vrut să spun improbabil, desigur.

A doua lege a termodinamicii are grijă ca totul în cameră să aibă temperatura acestui spațiu (cu excepția corpului, care depune eforturi pentru a rămâne la temperatura de 37°C). Dacă aduc în cameră o cană de cafea fierbinte, ar fi împotriva regulilor haosului dacă mișcarea particulelor de cafea nu s-ar propaga în cameră. Într-un final, haosul duce la o distribuție cât de cât egală. Dacă mi-ar plăcea să-mi țin hainele în dezordine, nu mi le-aș ordona după culoare, ci le-aș amesteca fără noimă, dar regulat, în dulap.

Inspir adânc o gură de molecule de aer și mă uit atentă la ecran, pentru că nu reușesc să încarc filmulețul. Cuprinsă

de presimțiri negre, alerg în sufragerie și mă uit îngrozită la luminile stinse ale routerului.

Eu cu ce mă aleg din asta?



Acum câteva săptămâni stăteam îmbufnată în tren. Îmi cumpărasem de la vagonul-restaurant o vafă belgiană cu cireșe și înghețată de vanilie. Mă pregăteam s-o mănânc

acolo, când mi s-au alăturat doi bărbați în costum. Cel mai în vârstă, care-mi putea fi tată, mi-a zis:

— Ce bine arată!

Și după o scurtă pauză, în vreme ce se apleca și mai mult spre mine:

— Și nici vafa nu-i rea – hahaha!

Colegul mai tânăr i-a ținut isonul, oarecum stânjenit.

Există o metodă care nu dă greș prin care îți poți exprima dezaprobarea tăcută. Se numește slow *blink:* nu-ți miști niciun mușchi al feței în timp ce ridici sprâncenele, îți fixezi adversarul cu privirea și apoi clipești o dată încet, timp de o secundă. Mi-am ridicat așadar privirea de la vafa mea belgiană, mi-am arcuit sprâncenele, l-am privit întâi direct pe colegul mai tânăr, care, spre lauda lui, părea să nu-și mai găsească locul de stânjeneală. Apoi mi-am îndreptat imediat privirea spre domnul mai în vârstă, care și el a părut iritat de contactul vizual mut. După aceea le-am aruncat încet o privire lungă. *Slow blink.* În cele din urmă, eu și vafele mele belgiene arătoase ne-am ridicat fără un cuvânt și i-am lăsat pe idioți la vagonul-restaurant.

Altădată aș fi râs nervos sau le-aș fi dat o replică usturătoare. Dar de când filmez videoclipuri pentru Youtube și primesc săptămânal mii de comentarii, prefer să mă bazez pe metoda configurației gazelor rare. Să vă explic, poate vă ajută.

Gazele rare se găsesc în a opta grupă principală a tabelului periodic și sunt un prototip extraordinar pentru relaxarea socială. Cele mai importante gaze rare sunt primele două din grupă. Heliul (He) îl știm de la baloane, iar neonul (Ne) de la tuburile cu neon. Dacă ne uităm mai departe, dăm de argon (Ar), kripton (Kr), xenon (Xe), radon (Rn) și oganeson (Og). Vă amintiți de *Capitolul 2* – elementele din sistemul periodic sunt grupate după numărul de ordine, adică după numărul de protoni din nucleu. Cu cât cobori în tabelul periodic al elementelor, cu atât ele devin mai grele. Nucleele grele sunt de multe ori radioactive, nu sunt stabile și se descompun. Între gazele

rare, radonul și oganesonul sunt radioactive, de aceea le vom lăsa deoparte momentan, pentru că, în rest, gazele rare se remarcă prin stabilitate. Ele reacționează foarte greu, cum ar veni sunt prea prețioase ca să intre în reacții chimice. *They can't be bothered,* am spune în engleză. Acesta este și motivul pentru care sunt atât de „rare”.

Dacă le comparăm cu fluorul din *Capitolul 2,* al cărui sens într-o viață scurtă și zbuciumată este să-și găsească un partener de reacție, putem spune că gazele rare nu sunt interesate de așa ceva. Aceasta pentru că au opt electroni exteriori – ne amintim de regula octetului. În vreme ce fluorul nu-și găsește liniștea până nu se combină cu dioxidul de carbon în teflon sau cu sodiul în pasta de dinți, gazele nobile sunt relaxate de la început și până la sfârșit. În vreme ce restul elementelor din grupele principale intră în reacții ca să ajungă la opt electroni exteriori, un gaz rar are deja tot ce își dorește. De aceea regula octetului mai este numită și regula gazelor nobile, iar un înveliș electronic complet este cunoscut ca o configurație a gazelor nobile. Din acest motiv, pentru mine, o stare de spirit relaxată superioară este similară cu configurația gazelor nobile. Un îndemn potrivit pentru momentele în care te enervezi din cauza unor lucruri mărunte și neimportante este: „Fii un gaz nobil!”

Gazele rare sunt autosuficiente, ele nu au nevoie să intre în reacții chimice nici măcar cu ele însele. Gazele precum azotul sau oxigenul sunt formate din așa-numite dimere. O moleculă de azot este formată din doi atomi de azot, N2, o moleculă de oxigen, din doi atomi de oxigen, O2. Același lucru se aplică pentru hidrogen, H2. În schimb, gazele rare sunt atât de mulțumite, că plutesc singure în atmosferă. Sunt monomere.

Din punct de vedere chimic, gazele nobile nu sunt foarte interesante, pentru că nu se întâmplă nimic cu ele. Din contră, argonul se folosește alături de azot, în laboratoare, drept gaz de protecție. Închipuiți-vă că vreți să faceți o reacție chimică în laborator, dar substanțele cu care lucrați sunt atât de sensibile la aer, că intră imediat în contact cu

oxigenul. Alte substanțe sunt sensibile la apă și simpla umiditate a aerului dintr-un spațiu normal este suficientă pentru a o da gata.

Mă rog, s-o dea gata este un fel de a spune. O substanță sensibilă la aer preferă oxigenul. Pentru ea nu există nimic mai palpitant decât să intre în reacție cu acest element. Dar chimiștii sunt capabili să încheie mariaje forțate, să aducă laolaltă elemente care de regulă nu se înghit. O metodă este să dai afară aerul și să pui întreaga aparatură sub o atmosferă de argon. Imediat ce argonul mizantrop respinge tot aerul, chimiștii își pot vedea în liniște de reacții, fără să se mai sinchisească de oxigen sau de umiditatea aerului.

Dacă gazele nobile nu ar fi atât de leneșe, să inspirăm heliu ca să ne alegem cu o voce subțire ar fi o idee foarte proastă. Gazul pur de oxigen trebuie savurat cu precauție (vom mai vorbi despre aceasta în *Capitolul 10).*

Gazele rare își văd de treabă și se poziționează astfel deasupra tuturor. O adevărată inspirație, mai ales când ai de-a face cu bărbați libidinoși la vagonul-restaurant. Odată ce ai deprins configurația gazelor nobile, nu mai simți nevoia să ripostezi. Acesta este motivul pentru care eu și vafele mele belgiene am ales să reacționăm cu superioritate, asemenea unei molecule monomere de argon.

Odată întoarsă la locul meu, calmul meu superior s-a evaporat când am constatat că în tren nu funcționează conexiunea de internet. Asta mi-a pus capac. Aveam o grămadă de treabă. Un alt domn în vârstă, mult mai agreabil, care stătea vizavi, a început să râdă pe sub mustață: – Ah, în ziua de azi nici nu știi ce să te mai faci fără internet, nu-i așa? s-a mirat el și mi-a oferit ziarul său.

Nu m-am mai obosit să-i explic ce înseamnă astăzi internetul.

De data asta stau în colțul balconului, spânzurată peste balustradă, încercând să recepționez semnal la telefonul

mobil. Sunt ruptă de lume, mai puțin în colțul acesta de balcon unde am suficient semnal ca s-o pot suna pe Christine.

— Pot să vin până la tine? Nu stau mult. A căzut internetul și trebuie să-mi încarc videoclipul.

— Ce, din nou?

Într-adevăr, este a doua oară într-o lună când nu mai am conexiune la rețea, un lucru fatal într-o locuință unde nu ai semnal la telefonul mobil. Cred că n-ar fi rău să mă asigur împotriva acestui risc.

— Sigur, treci pe la mine, am nevoie oricum să mă deconectez puțin.

Mare noroc că am ajuns să locuiesc din nou în același oraș cu Christine. Me-am cunoscut când ne pregăteam doctoratul la același profesor și ne-am sprijinit una pe alta pe tot parcursul perioadei. Să nu vă închipuiți acum că suntem extraordinar de inteligente doar pentru că ne-am făcut doctoratul. Aproape 85% dintre absolvenții de chimie se apucă de asta după ce termină studiile de master. Pare pregătirea standard pentru un chimist. Ca să faci un doctorat ai nevoie de o rezistentă ridicată la frustrări, din acest punct de vedere poți să fii mândru dacă îl termini. Totuși, nu trebuie să ți-o iei în cap.

Dincolo de gradul academic, Christine este totuși o tipă foarte inteligentă. După doctorat a continuat cu studii postdoctorale în SUA. Pentru necunoscători: postdoctoranzii se aseamănă cu doctoranzii, doar că au deja un doctorat, însă continuă să se lase exploatați la facultate. Dacă ar trebui să descriu ierarhia academică la o universitate, aș putea spune cu cinism că sus stau profesorii, precum zeii în Olimp, jos se strofoacă absolvenții, forța de muncă ieftină, iar înaintea lor își fac loc cu greu postdoctoranzii (studenții obișnuiți nici nu merită să fie pomeniți aici). În ierarhia academică, postdoctoratul este treapta pregătitoare pentru profesorat. Și în mediul de afaceri tot mai multe companii farmaceutice caută candidați cu studii postdoctorale pentru pozițiile lor de începători. O inflație absurdă de calificări.

Între timp, prietenul meu Daniel, fost coleg de școală și absolvent de studii economice, care habar nu avea să calculeze o ecuație exponențială, câștigă mai mult decât orice postdoctorand. Dar nu compensația pune pe fugă candidații la o carieră universitară. Cine vrea să își facă un nume într-o universitate trebuie să-și sacrifice viața, inclusiv cea privată și somnul, pe altarul științei. Nu există sfârșit de săptămână în care Christine să nu muncească. Chiar dacă locuim în același oraș, apuc s-o văd doar dacă o vizitez la laborator, în plus, toate eforturile nu garantează siguranța locului de muncă. Îți duci viața de la un contract determinat la altul.

Într-o carieră academică există o singură stație terminus: profesoratul pe viață. Dacă ești foarte bun, ai șansa să ajungi aici pe la 40 de ani. Chiar dacă doar puțini și numai cei mai buni ajung să termine studiile postdoctorale, tot nu există destule catedre pentru toți. Munca susținută, inteligența și talentul nu sunt suficiente, ai nevoie și de o porție mare de noroc. Cine nu reușește să pună mâna pe o catedră se trezește într-o zi supracalificat și trebuie să candideze în industrie, concurând poate chiar pe aceleași locuri cu propriii studenți.

De ce ai face asta? Doar de dragul științei? Este adevărat, cercetarea are nevoie de idealiști, devotați principiilor fundamentale ale științei. La bază stă dorința de a urma o profesie cu plusvaloare socială. Pompos spus: să te pui în slujba umanității sau să faci lumea un pic mai bună! De ce poate fi periculos acest gând, o arată o opinie interesantă a lui Ranga Yogeshwar intitulată „Eu cu ce mă aleg din asta?” („What’s în it for me?”). El reflectează asupra „valorii” științei și avertizează împotriva comercializării cercetării sau și mai simplu împotriva întrebării: „Dar noi ce câștigăm de aici?” Un citat mai jos:

Cine reduce [...] curiozitatea științifică și imboldul profund de a înțelege mai bine lumea la categorii economice, acela greșește. Pentru că nu tot ce cercetăm se înscrie în acest tipar. Cu ce „ne alegem”, de exemplu, din

„domeniul special de cercetare 933”, care oferă noi interpretări textelor antice și medievale? Este susținut cu 11,5 milioane de euro. DFG [Societatea Germană de Cercetare] susține un proiect despre templul egiptean antic din Edfu, unde hieroglifele sanctuarului, ale camerei de sacrificiu și o mare parte a vestibulului au fost traduse cu banii din impozitele noastre. Care este utilitatea imediată acestei cercetări? Traducerea hieroglifelor egiptene antice nu va crește produsul intern brut și nici economia în general. Cu toate acestea, nu este știința un lucru extraordinar? Ea încearcă să rezolve enigma unei culturi superioare și ne lărgește înțelegerea trecutului. Nici din cercetarea caracteristicilor bozonului Higgs sau din demonstrația existenței undelor gravitaționale nu rezultă un „return on investment” economic, iar folosirea rezultatelor din aceste discipline în domenii care aduc profit economic nu este un argument bun. De decenii observ cum știința își legitimează în exterior elanul interior, curiozitatea și dorința de cunoaștere cu argumente utilitariste. […]

Oare nu este timpul ca știința să aducă, cu siguranța ei de sine și cu pasiune, o contrapondere perspectivei economice înguste?

Ideea că cercetarea trebuie să se pună în slujba omenirii este nobilă. Dar de multe ori interesele umane sunt de natură economică și financiară. Această mentalitate utilitaristă pune în pericol independenta cercetării. O autonomie esențială în societate, o voce care trebuie să slujească adevărului înaintea tuturor intereselor individuale. Doar atunci știința va putea face lumea mai bună, cum se spune atât de frumos.

Dar cercetătoarele și cercetătorii se întreabă la rândul lor: „What’s în it for me?” Ranga observă mai departe:

De *exemplu, la Google DeepMind în Londra, în 2016, costurile cu personalul format din 400 de angajați s-au ridicat la 138 milioane de dolari, în medie 345.000 de dolari*

pe angajat. Consecința: cercetători de elită părăsesc institutele de cercetare și universitățile, ca să *se pună în serviciul companiilor private mari, care plătesc bine. Ideea „What 's în it for me?" văduvește tot mai mult de competențe de specialitate institutele publice și independente, care se trezesc confruntate tot mai acut cu lipsa de creiere.*

Doar că: atunci când „What's în it for me?" se traduce în mintea cercetătorilor buni cu „Nu vreau să mă mai las exploatat", „Am și eu dreptul la o viață privată" sau „Mai am o fărâmă de stimă pentru propria persoană" – nu este de mirare că tot mai mulți oameni de știință remarcabili întorc spatele universităților și se îndreaptă către domeniul privat, unde măcar sunt mai bine plătiți.

La rândul ei, Christine și-a dat ca termen-limită vârsta de 35 de ani. Dacă până atunci nu vede că are șanse să devină profesor, își ia tălpășița. Este cel mai tânăr lector al institutului de cercetare și până acum are rezultate excelente. Vom vedea în timp dacă va rămâne sau nu în cercetare.

Postdoctoratul și l-a făcut la Massachusetts Institute of Technology (pe scurt MIT) în Boston, „Harvardul științelor naturii". În această perioadă au curtat-o mulți. A fost invitată la interviuri în industria chimică din Germania și a avut în mână o ofertă de la Mekinsey. Și-a dorit să rămână în cercetare și, în cele din urmă, a ales poziția pe care se află astăzi. Mie mi se pare o alegere pe cât de neinspirată, pe atât de demnă de laudă. Neinspirată, pentru că este exploatată de sistem. Demnă de laudă, pentru că este nevoie de oameni ca ea, care să schimbe sistemul și pentru că nu se lasă orbită de mirajul „What's în it for me?". În plus, mă bucur că s-a întors în Germania și îmi este aproape.

Christine este legătura mea cea mai strânsă cu laboratorul și cu mediul universitar. Uneori mă lasă să filmez în laborator. Nu mai spun că are internet de mare viteză, cu care mi-a salvat viața și ultima oară. Îmi copiez

pe un stick videoclipul și pornesc spre institut.

Institutul este un centru de cercetare interdisciplinar, unde granițele dintre diversele domenii de specialitate se întrepătrund. De exemplu, Christine colaborează îndeaproape cu un inginer și o informaticiană. În ziua de astăzi nu progresezi cine știe ce dacă te limitezi comod la propriul domeniu de cercetare. Problemele mari ale lumii contemporane depășesc domeniile individuale și trebuie rezolvate interdisciplinar. Oricum granițele între diversele specialități sunt arbitrare. Christine studiază aspecte mai apropiate de fizică decât de orice alt domeniu din chimie. În perioada doctoratului, domeniile noastre de cercetare erau atât de diferite, încât nu am reușit niciodată să lucrăm la un proiect comun, deși ne-am dorit mult asta.

Chimia se împarte în trei arii: chimia anorganică, chimia organică și chimia fizică. Firește că există și alte ramuri, dar acestea sunt cele mai importante și care se studiază în detaliu la fiecare facultate de profil.

Așa cum îi spune și numele, chimia fizică este legătura dintre fizică și chimie. Aici se încadrează termodinamica și mecanica cuantică, dar și ce face Christine, respectiv predicția reacțiilor chimice cu ajutorul simulărilor pe computer.

Chimia organică se învârte în principal în jurul unui singur element: carbonul (C) și toate elementele care se combină cu el, cum ar fi hidrogenul (H), oxigenul (O), azotul (N) și fosforul (P). Chimia organică se ocupă „doar” de toate legăturile și reacțiile care conțin carbon. Spun „doar” cu ghilimele, deoarece chimia organică reprezintă un domeniu copleșitor. Toată viața de pe Pământ are la bază carbonul. Suntem formați din carbon. Această carte este formată din carbon. Orice formulă chimică pe care o veți găsi în această carte se bazează pe carbon. Putem chiar să pornim de la premisa că viața extraterestră – dacă există – are la bază carbonul, pentru că nici un alt element chimic nu este atât de divers.

Dacă se întâmplă să citiți cartea aceasta pe e-reader

sau pe tabletă, atunci și chimia anorganică joacă un rol important. Chimia anorganică, adică „ne-organică”, se ocupă de tot ce *nu este* carbon. Pare mult dacă te uiți în sistemul periodic, dar, la prima vedere, în natură nu găsești cine știe ce: în special săruri, minerale și metale. Unii chimiști organici pretind cu superioritate că omologii lor din ramura anorganică se ocupă doar de pietre. În primul rând, pietrele nici măcar nu sunt atât de plicticoase, iar în al doilea rând chimia anorganică poate mult mai multe și este destul de trăsnită. Printre altele, constituie baza tuturor gadgeturilor tehnice. De exemplu, telefonul inteligent este o operă a chimiei anorganice. Cu un pic de răbdare descoperi cum poate să țină mai mult acumulatorul de telefon mobil, iar aceasta reprezintă totuși o privire mai atentă aruncată în chimia telefonului mobil, nu?

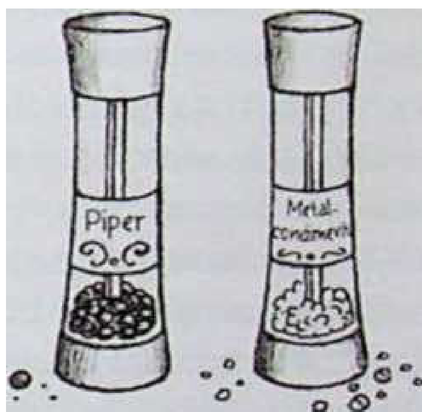
Telefoanele noastre inteligente se compun din peste 70 de elemente diferite. De exemplu, câteva sute de miligrame de argint și în jur de 30 de miligrame de aur. Ecranul este brăzdat de o rețea extrem de subțire de fire de oxid de indiu, care captează conductivitatea electrică a degetelor noastre și mijlocesc „touch-ul”, atingerea pe ecran.

Ce face telefonul inteligent cu adevărat inteligent este o grupă specială de metale prețioase, care se numesc pământuri rare. În tabelul periodic le veți găsi în grupele secundare, printre ele se numără scandiul (Se), ytriul (Y) și întreaga grupă de lantanide. De regulă ele se grupează cu actinidele, pentru că altfel tabelul periodic ar deveni prea larg.

La prima vedere, pământurile rare ies în evidență prin nume spectaculoase. Elementele terbiu (Tb), praseodim (Pr), ytriu (Y), gadoliniu (Gd) sau europiu (Eu) sunt responsabile de culorile luminoase ale ecranului, care ne pun în cea mai bună lumină pozele de pe Instagram. Elementele neodim (Nd) și disprosiu (Dy) transformă magneții normali în supermagneți, care se instalează în megafoane și microfoane. Cele două pământuri rare mai sunt utilizate cu vibrații. Și în tehnica alarmelor

I

Becurile economice conțin pământuri rare pentru o lumină naturală. Aceste metale mai sunt folosite și la celulele solare și în instalațiile eoliene. Ele au efect chiar și în cantităti foarte mici, ceea ce le-a atras porecla de „metale-condiment”. (Aceasta este o jignire adusă sodiului, care este tot un metal și care ar fi meritat cel mai bine acest nume, având în vedere că este principalul component al sării!) în ciuda utilizării în câteva domenii sustenabile, extragerea pământurilor rare este departe de a fi sustenabilă. Metalele acestea nu sunt atât de rare pe cât le arată numele.



Ele apar chiar frecvent în scoarța terestră, dar sunt foarte dispersate în roci. De aceea extragerea este scumpă, presupune mult efort și nu se realizează în cele mai bune condiții de muncă. Pământurile rare se găsesc cel mai mult în China. Pe unele dintre aceste substanțe țara aproape că deține monopolul. Un mare avantaj competitiv într-o eră digitală, în care trebuie să plec de acasă imediat ce rămân fără conexiune la internet.

Cu cât cumpărăm mai multe telefoane mobile, cu atât prețul pământurilor rare crește. Cu toate acestea, comercianții de telefonie mobilă ne îmbie cu abonamente prin care poți să-ți înlocuiești anual telefonul cu un model mai nou. Dacă telefoanele noastre nu sunt folosite sustenabil și reciclate mai bine, cât de curând vom avea o mare problemă. Plasticul nu este singura problemă de mediu în societatea noastră modernă. Sigur că majoritatea telefoanelor mobile și a tabletelor sunt fabricate în așa fel

încât să nu se repare ușor. O baterie mai veche sau un ecran ciobit sunt pentru mulți motive întemeiate să investească într-un telefon nou. (Firește că telefonul s-ar putea repara, dar cum ne-am descurca o zi fără el?)

Nu este vina producătorilor că ecranele telefoanelor mobile se strică atât de repede. Din contră, ele sunt destul de rezistente, datorită unui truc chimic genial. Cele mai multe ecrane nu sunt din sticlă obișnuită, ci din sticlă Gorilla Glass®. Pentru fabricare se ia o așanumită sticlă din alumosilicat, adică din atomi de siliciu, aluminiu și oxigen, care formează o structură tridimensională. Această structură este încărcată negativ și neutralizată prin ioni de sodiu încărcați pozitiv plasați în golurile structurii. Dar aceasta nu este încă „Gorillaglas”. Pentru aceasta, sticla de alumosilicat se introduce într-o soluție salină fierbinte, în care sunt ioni pozitivi de potasiu.

De potasiu știm de la sărurile de potasiu din producția de săpun. Dacă vă uitați în tabelul periodic, veți descoperi potasiul (K) imediat sub sodiu (Na). Și el este un așa-numit metal alcalin. La fel ca sodiul, potasiul apare de cele mai multe ori ca ion încărcat pozitiv (regula octetului, mai țineți minte?), însă ionul de potasiu este semnificativ mai mare decât ionul de sodiu.

Ce înseamnă asta pentru sticla noastră? Când sticla se introduce în soluția salină de potasiu, ionii de potasiu care sunt mai mari împing ionii de sodiu în golurile structurii de silicat și îi înlocuiesc. Temperatura înaltă și mișcarea tuturor elementelor ușurează acest schimb destul de incomod. Când totul se răcește din nou, în urmă rămâne o sticlă cu o structură chimică ușor modificată, în care ioni de potasiu un pic cam voluminoși se înghesuie în găuri un pic cam strâmte. Aceasta asigură o compresie mai mare și un material mai rezistent: Gorillaglas.

Și atunci, de ce se sparg atât de multe ecrane de telefon mobil? Dacă ar fi o sticlă normală, s-ar sparge și mai multe, în funcție de cât de tare se zdruncină sticla, un ecran poate trece cu bine sau nu peste o căzătură. Dacă telefonul cade drept, atunci sunt șanse mari să nu se întâmple nimic,

pentru că impactul se distribuie pe o suprafață mai mare. Ne aducem aminte de la presiunea atmosferică din *Capitolul 5:* presiunea este forța per suprafață și cu cât suprafața este mai mică, cu atât presiunea este mai mare. Dacă mobilul cade doar pe colț, atunci sunt puține șanse să scape întreg.

Din același motiv, dacă vă aflați într-un lift care se prăbușește, ar fi bine dacă v-ați putea întinde la podea, astfel ca forța impactului să se distribuie pe o suprafață cât mai mare. Doar că este destul de greu să te întinzi când te afli într-o stare de imponderabilitate artificială. Ca să mergi la sigur, ar trebui să te întinzi pe jos de cum intri în lift, ceea ce ar putea crea rumoare în rândul celorlalți pasageri. Dar nu vă temeți, lifturile sunt bine asigurate, nu au cum să se prăbușească.

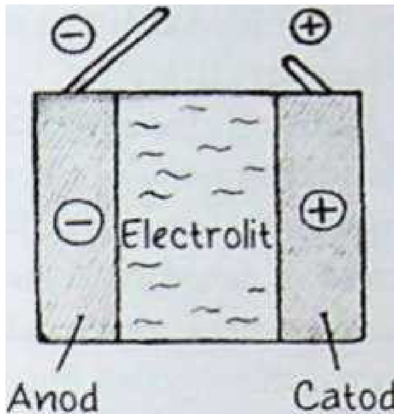
Recomandat este să vă cumpărați o husă pentru mobil, chiar dacă astfel subțirelul și elegantul telefon se îngroașă puțin. Ecranul meu nu sa spart niciodată. Dar în autobuz, în drum spre Christine, constat că bateria mea este aproape descărcată, așa că închid telefonul.

Bateriile de telefon – eterna poveste, nu-i așa? Mai știți cât ținea acumulatorul de telefon acum 15 ani? îl încărcai după trei sau șase zile, în funcție de cât de mult te jucai *Șarpele* pe telefon. În prezent sunt mulțumită dacă reușesc să supraviețuiesc o zi fără să-l încarc. Odată ce veți înțelege cum funcționează chimic o baterie de mobil, veți ști și ce este de făcut ca să profitați de ea mai mult timp. Iar aici ajungem la celălalt aspect al „What’s în it for me?”. Tot mai des aud că după o anumită vârstă oricum nu mai ai nevoie de științe naturale. Deci nu merită să te omori prea tare la școală. Eu sper că măcar acum v-ați schimbat părerea.

Așadar: există mai multe feluri de baterii sau acumulatori, Cel mai frecvent utilizate în viața de zi cu zi sunt așa-numitele baterii sau acumulatori litiu-ion. Le folosește și Apple, pe a cărui pagină de internet scrie: *în comparație cu bateriile tradiționale, bateriile litiu-ion se încarcă mai repede, durează mai mult și au o densitate a*

puterii mai mare, o durată de viață mai lungă la o greutate scăzută. Se pare că există motive întemeiate pentru care telefoanele mobile, tabletele, laptopurile și chiar și mașinile Tesla funcționează cu acumulatori litiu-ion.

În acest capitol voi vorbi doar despre bateriile *reîncărcabile,* fie că le numesc acumulatori sau baterii. Câteva diferențe: bateriile, numite și baterii primare, nu mai pot fi reîncărcate după utilizare. Acumulatorii, sau bateriile secundare, se pot încărca din nou. Pentru că acumulatorii nu sunt altceva decât baterii reîncărcabile, ei sunt la rândul lor baterii și pot fi denumiți ca atare. O baterie alimentează un aparat cu curent, adică cu un flux de electroni. Este un depozit ambulant de electroni. O baterie este construită după acest principiu:



Principiul de bază al unei baterii

Cele mai importante componente sunt așa-numiții electrozi, unul la polul plus și celălalt la polul minus. Electrodul încărcat pozitiv se numește catod, cel încărcat negativ, anod. Ne putem închipui că cei doi poli sunt legați printr-un cablu conductor care trece prin telefon și alimentează părțile componente ale acestuia cu curent. Electronii se mișcă prin telefon de la anod la catod. În baterie, cei doi electrozi sunt legați la rândul lor, printr-un așa-numit electrolit. Aceasta este o denumire comună pentru lichidele și substanțele care pot transmite sarcini electrice. Doar că electroliții nu conduc electroni, ci ioni

pozitivi sau negativi. Chiar și noi suntem compuși în mare parte din electrolit, respectiv din apă cu ioni încărcați diferit.

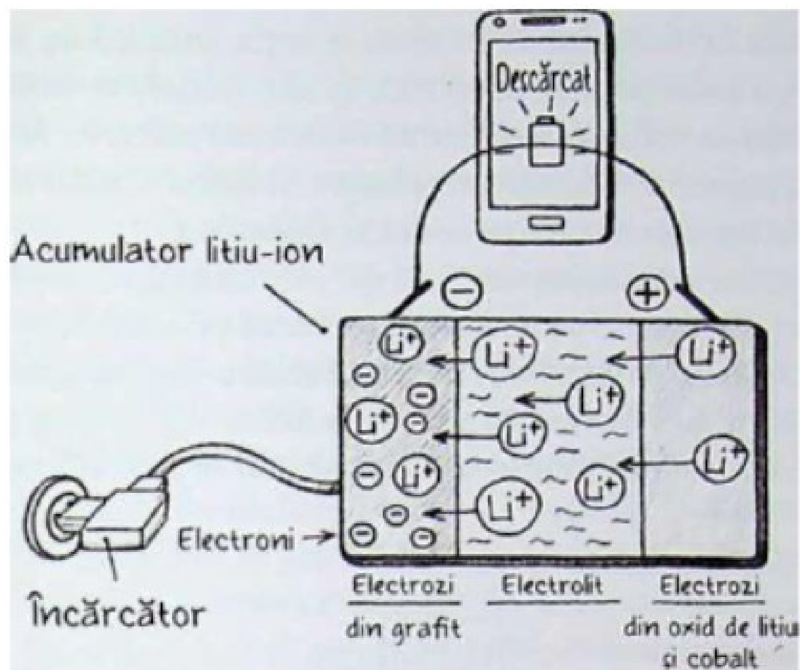
Modelul de bază al unei baterii este: catod, anod și electrolit. În funcție de baterie, se folosesc diverse substanțe chimice pentru cele trei elemente.

La o baterie litiu-ion catodul este compus de cele mai multe ori dintr-o combinație de litiu, oxigen și un alt metal, de exemplu cobalt. Pe scurt, oxid de litiu și cobalt. Atomii de cobalt și de oxigen formează straturi, între care se instalează litiu-ionii.

Anodul este compus de cele mai multe ori din grafit, adică din carbon. Și grafitul este stratificat.

Dacă îmi conectez acum telefonul la cablul de alimentare, exercit din exterior o tensiune inversă asupra bateriei. Se întâmplă ceva ciudat, cel puțin lingvistic. Nu am învățat bine cei doi termeni noi, anod și catod, și trebuie să-i inversăm. La alimentare, electrozii pozitivi din oxid de litiu și cobalt se numesc anod și electrozii negativi din grafit, catod. Deci exact pe dos ca la descărcare. De ce le place chimiștilor să-și complice viața? Din cauza reacțiilor chimice din electrozi. O să mai povestim despre ele, dar până atunci probabil că este mai simplu să pomenim doar despre polul plus și polul minus.

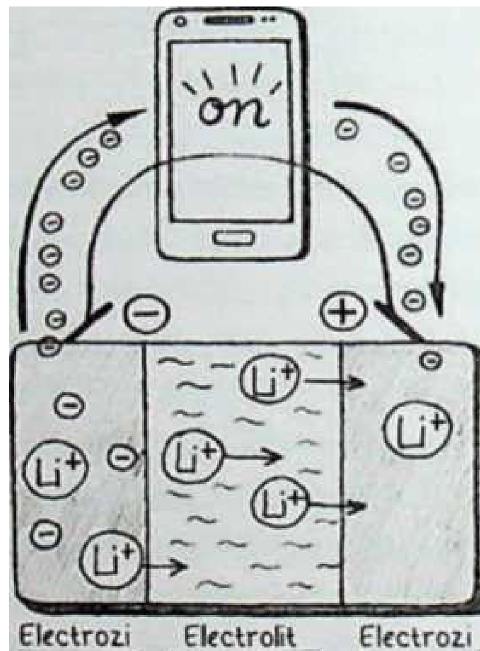
Când îmi încarc telefonul, polul minus se încarcă cu electroni care pătrund în grafit. Prin acumularea de electroni se creează un surplus de sarcină negativă care îngreunează alimentarea. Sarcinile de același semn, fie ele pozitiv sau negativ, se resping. Așa că nu este chiar ușor să încarci un electrod cu electroni încărcați negativ. Sarcinile de semn diferit se atrag, iar aici intră în scenă litiu-ionii încărcați pozitiv și care dau numele bateriei litiu-ion. Ei se furișează de la polul plus, din electrodul din oxid de litiu și cobalt, călătoresc prin electrolit către electrodul de grafit și se întâlnesc la polul minus cu electronii negativi. Această egalizare de sarcină permite o încărcare cu electroni.



Doar că electronii nu stau degeaba, ci se combină în reacții chimice. Pentru aceia dintre voi care sunteți chimisti, așa arată reacția de egalizare: Cn +xli* +xe’ devine Li_xC_n. Dar fiți fără grijă, necunoscătorii se pot concentra doar pe o parte a formulei, respectiv „+ xe”. Unde „x” semnifică o cantitate oarecare, iar „e” reprezintă electronul. Asta înseamnă că în această reacție chimică sunt acceptați electroni. Procesul poartă numele de reducere. Vorbim despre reducere de fiecare dată când electronii sunt acceptați într-un element, un ion sau o legătură chimică.

Pentru că mi-am alimentat pe săturate polul minus cu electroni și pentru că în polul plus nu există nimic, sarcinile dintre cei doi poli, tensiunea dintre ei se egalizează. Putem să ne închipuim tensiunea electrică ca pe un baraj de electroni. Să încarci polul minus cu electroni este ca și cum ai aduce apă din aval în amonte. Dacă ridic barajul, apa se va revărsa în cascadă. Exact asta se și întâmplă când scot cablul de alimentare. Odată ce folosesc telefonul, reacția chimică se inversează: electronii primiți sunt risipiți din nou. Ei se zbenguie de colo colo în telefon, sub formă de curent electric. Această reacție contrară reducerii se numește oxidare. Oxidarea este reacția chimică prin care se cedează electroni.

În vreme ce electronii cedați alimentează telefonul, litiu-ionii se întorc, pe drumul cunoscut prin electrolit. La celălalt capăt, la polul plus, electronii și litiu-ionii se întâlnesc din nou. Când toți electronii au fost absorbiți de cealaltă parte, bateria este din nou descărcată și procesul se reia de la capăt!



Pentru că litiu-ionii din cei doi electrozi pleacă și vin la fiecare alimentare – am putea spune că se leagănă încoace si-ncolo –, toată povestea se mai numește și principiul kO *Z* leagănului.

Dar să ne întoarcem la încurcătura noastră cu catodul și anodul. La o baterie care nu se poate încărca, la polul plus este mereu catodul, în vreme ce la polul minus este anodul. La o baterie reîncărcabilă acest lucru nu este valabil decât pe jumătate, pentru că tocmai ce am văzut că încărcarea și descărcarea sunt două procese chimice contrare. De aceea aici catodul și anodul trebuie definiți altfel: anodul este electrodul la care se întâmplă oxidarea. În aceeași manieră, catodul este electrodul la care se întâmplă reducerea.

La încărcarea telefonului mobil, la polul minus se întâmplă reducerea, iar la polul plus, oxidarea. La descărcare este exact invers. Oxidarea și reducerea se

întâmplă mereu paralel și niciodată izolat, permanent se cedează (oxidare) și se acceptă (reducere) electroni. Pe scurt: reacții redox. Și cu aceasta ați terminat introducerea în chimia redox – felicitări!

Tot auzim că e bine să lași telefonul să se descarce complet înainte să-l încarci și că trebuie să fii atent să nu încarci prea mult bateria. Așa este pentru bateriile de nichel, pe care le folosim la telecomenzile TV sau la bateriile de plumb. Dar bateriile moderne litiu-ion pot fi lăsate la încărcat după pofta inimii, pentru că ele oricum opresc automat încărcarea atunci când acumulatorul este plin. Altfel un telefon mobil ar putea deveni o jucărie destul de periculoasă. S-a și întâmplat de fapt în 2016, când aparate Samsung Galaxy Note 7 au început să explodeze spontan. În baterie, materialele încărcate cu energie sunt izolate de mediul extern și de potențialii parteneri de reacție. La temperaturi ridicate, în cazul în care aparatul este deteriorat sau în cazul defectelor de fabricație care în combinație cu soluții inflamabile, care fac parte din electrolit, ajungem să ținem în mână o minibombă perfectă.

Pentru coproducătorul bateriei litiu-ion, John Goodenough, modelele actuale nu sunt încă „good enough” (suficient de bune), de aceea lucrează la o variantă mai sigură. Soluția pare să fie un electrolit solid, similar cu sticla. Nu vă îngrijorați, nu este cazul să le așteptăm cu sufletul la gură, speriați că modelele actuale nu sunt suficient de sigure. Produsul Samsung exploda din cauza unei erori de fabricație, care sperăm să nu se mai repete curând. Dar, vai, n-aș vrea să mă gândesc cum ar exploda bateria litiu-ion a unui autoturism Tesla.

Cu toate acestea, căldura extremă nu este bună, printre altele și pentru că reacțiile chimice sunt mult mai rapide la temperaturi ridicate. O supraîncălzire a telefonului mobil duce la o descărcare mai rapidă a aparatului. Durata de viață totală a unei baterii de telefon mobil sau de laptop se prelungește dacă aparatul nu este cald. În plus, este bine să aveți mereu la voi un cablu de alimentare, pentru că

bateriile litiu-ion durează mai mult dacă le țineți cât mai încărcate. Cu fiecare descărcare, materialele se uzează și bateriile își pierd eficiența. Cu cât este mai încărcată bateria, înainte să puneți din nou telefonul la încărcat, cu atât durează mai mult. Așadar: lăsați laptopul în priză și încărcați telefonul cât mai des. Iar dacă sunteți pe drum, fără încărcător, mai bine închideți telefonul decât să-l lăsați să se descarce.

De aceea mi-am închis și eu telefonul, doar că nu a fost o idee prea bună, pentru că acum am iar nevoie de el.

„Am ajuns”, îi scriu lui Christine.

„Lateral”, îmi răspunde ea.

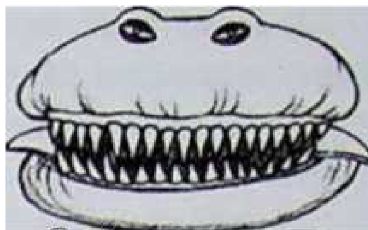
De cele mai multe ori Christine mă lasă să intru în institut pe intrarea laterală, pentru că domnul Lässig m-a luat la ochi.

Domnul Lässig este responsabil cu paza și securitatea institutului, inclusiv a laboratorului. Astăzi ar ridica cu siguranță din sprâncene, dacă m-ar vedea în sandale și pantaloni scurți. Nu, nu pentru că este vreun obsedat care agață femei în vagoanele-restaurant, ci pentru că, din motive de siguranță, în laborator nu se intră decât cu pantofi închiși și cu pantaloni lungi. Este de la sine înțeles că nu am voie să pun mâna pe nimic în laborator, chiar dacă sunt chimistă cu diplomă. Doar angajaților institutului li se permite aceasta, pentru că ei au fost instruiți de domnul Lassig.

Pentru că Christine muncește și la sfârșit de săptămână, pot să folosesc uneori laboratorul ca platou de filmare. Pot turna azot lichid pe podea și pot să dansez prin ceață, arată minunat (cu pantofi închiși și pantaloni lungi, desigur). Noroc că domnul Lässig nu se uită pe Youtube.

Mă strecor neobservată pe intrarea laterală și mă îndrept spre biroul lui Christine. Dar ea mă trage de mânecă și-mi șoptește: „Nu, dinozaurul”.

Pui de dinozaur și burgeri-monstru



În loc să mă conducă spre biroul ei, Christine mă împinge spre cantină. La fel ca majoritatea încăperilor din institut, și cantina este un cub modern, de sticlă. Arată bine, doar că te simți observat permanent. Nu-i de mirare că este goală, probabil că nimeni nu vrea să fie surprins cum lenevește. Christine își poate permite o cafea în cutia de sticlă, deoarece toți știu aici cât de mult muncește.

Și în laboratoarele mari te poți uita din toate părțile. Colegii din presă care ne vizitează se bucură probabil că dau de atâția pereți de sticlă pe care îi poți umple cu formule. Dă bine în poze. Nu mă îndoiesc că angajații se simt supravegheați tot timpul. De fiecare dată când mă aflu aici și văd halatele albe în spatele ferestrelor de sticlă, nu pot să nu mă gândesc la șoarecii de laborator. Directorul institutului, Prof. Dr. Dr. he. Karl Kaussen, cunoscut pretutindeni ca „King K”, este foarte mândru de pereții de sticlă. Anul trecut am avut privilegiul să vizitez împreună cu alți colegi din presa locală și universitară „spațiile inovației”.

„Nu este grozav câtă lumină naturală avem în institut? Știți că lumina diurnă stimulează producerea de serotonină, hormonul fericirii? De aceea sunt angajații noștri atât de binedispuși!”, ne spunea King K, în vreme ce ne conducea prin laboratoarele luminoase. Doctoranzii hărnicuți dădeau din cap și zâmbeau cuminte. Atunci a fost prima oară când i-am asociat cu șoarecii de laborator. King K este un bărbat charismatic, dar știam de la Christine că în spatele imaginii de presă se ascunde un tiran în toată puterea cuvântului. De aceea nu am putut să nu observ frica ce se citea în spatele zâmbetelor angajaților. Prin simpla sa prezență King K trezea în doctoranzi reacția luptă-sau-fugi (mai degrabă fugi…).

Legătura dintre „hormonul fericirii”, serotonina, și buna dispoziție nu este chiar atât de simplă. Serotonina este un hormon și, ca majoritatea hormonilor, poate avea diverse efecte în organism, care la rândul lor au la bază reacții chimice complexe. Nu vreau să rămâneți cu impresia că efectele unui hormon se reduc la un singur lucru și că am avea „hormonul somnului”, melatonina, sau „hormonul stresului”, cortizolul. Printre alte funcții, serotonina ne influențează dispoziția, de aceea este asociată de decenii cu depresia.

Se obișnuiește să căutăm cauzele bolilor psihice și în neurochimie. Psihologii sunt de părere *că Everything psychological is simultaneously biological — „Tot ce este* psihologic este în același timp și biologic”, (iar eu mă încumet să spun: Tot ce este biologic este în același timp și chimic… Dar aceasta nu înseamnă, din păcate, că putem descifra ușor și simplu chimia corpului nostru.) Neuronii, adică celulele nervoase din creierul nostru, comunică transmițând molecule încolo și încoace. Celulele nervoase sunt conectate între ele prin sinapse. Ele nu se află în contact direct, între ele există un spațiu liber minuscul, fanta sinaptică. Prin această fantă sunt transmise de la o celulă nervoasă la alta. În cele din urmă, ele sunt parcate în așa-numiții receptori. Ne putem închipui receptorii ca pe un loc de parcare, ba chiar unul rezervat, unde se pot opri doar anumite molecule. Această parcare la receptor se traduce fie prin activarea, fie prin inhibarea unui semnal. 0000

Neurotransmitătorii au același rol ca hormonii – sunt substanțe-mesager. Dacă molecula este un neurotransmițător sau un hormon depinde de locul din corp în care este secretată. Dacă este secretată către sinapse, vorbim de un neurotransmițător. Dacă este produsă într-o glandă, de exemplu, în glanda pituitară sau în glanda suprarenală, vorbim de un hormon. Serotonina poate fi și hormon, și neurotransmitător.

În anii 1970 s-a emis ipoteza că un nivel scăzut al serotoninei poate fi cauza depresiilor. S-a putut demonstra

că un nivel crescut în creier ajută împotriva depresiei. De aceea, mult timp, explicația simplă a fost că depresia este cauzată de un dezechilibru chimic din creier. Medicamentele care ridicau nivelul de serotonină aveau rolul să lupte împotriva bolii. Dar ar fi prea ușor să pui cauzele unei boli psihice ca depresia doar pe seama lipsei unei mici molecule. Doar pentru că serotonina ajută în depresie nu înseamnă că lipsa ei este cauza bolii. Doar pentru că aspirina ajută împotriva durerilor de cap, nu înseamnă că lipsa ei le declanșează. Și totuși – în practică antidepresivele care ridică nivelul de serotonină sunt de folos multor oameni care suferă de depresie. Să fie vorba de un efect placebo? Luptăm doar împotriva simptomelor sau și a cauzelor? Relația complexă dintre serotonină și depresie continuă să fie controversată. Dar așa este în știință. Cine lucrează câțiva ani în cercetare va avea parte de un dus rece. Este incontestabil că știința și tehnica ne-au adus departe, dar căutarea de noi cunoștințe este o treabă drăcească. Rezultatele se contrazic sau nu se pot reproduce. În știință lucrurile nu sunt mereu clare sau logice.

Există o parabolă care descrie bine știința și cercetarea, parabola oamenilor orbi și a elefantului. Un grup de orbi cerceta un elefant, un animal necunoscut pentru ei. Puteau să-și facă o părere despre el doar prin atingere. Unul punea mâna pe colții de fildeș, altul pe trompa lungă, celălalt pe urechile mari și tot așa. Când au făcut schimb de impresii, și-au dat seama că fiecare dintre ei are altă idee despre animal. Unul era convins că este vorba de o ființă osoasă și ascuțită, altul îl contrazicea vehement. La fel se întâmplă și cu cercetătorii, mai ales când elefantul este o temă atât de complexă precum depresia. Ca să te apropii de realitate, trebuie să fii mai întâi în stare să înțelegi elefantul ca întreg, adunând observațiile, inițial contradictorii, și punându-le apoi în perspectivă. Dar și atunci vom avea un elefant pe care l-am cercetat doar prin atingere. Continuăm să fim orbi.

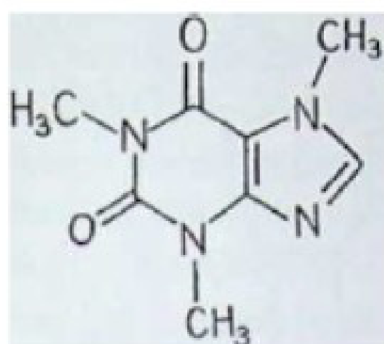
Când discut cu prietenii astfel de teme, ei mă întreabă:

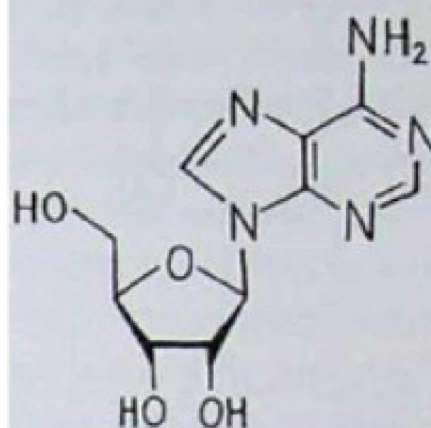
„Vrei să mă încânți sau să mă sperii când îmi vorbești despre știință?” Ce să zic… Dacă este să ne gândim din nou la parabola cu orbii și cu elefantul – fără știință nu am fi doar orbi, dar nici măcar nu am putea atinge animalul.

Dar să ieșim din întunericul parabolei și să ne dedicăm chimiei creierului, un domeniu îndelung cercetat. Stau cu Christine la cantină și ne alimentăm creierul cu cafea. Acest organ nu este format doar din receptori pentru neurotransmițători, ci și pentru cofeină, de exemplu. Accidental, desigur, pentru că cofeina este foarte asemănătoare cu o altă moleculă din corp: adenozina.

Mă rog, structurile chimice nu par foarte asemănătoare pentru noi, dar sunt așa pentru receptorul de adenozină din creier. Mai bine zis, aici nu este vorba de aspect, ci de cât de bine se potrivește molecula în receptor. Locul de parcare al adenozinei este în așa fel construit încât adenozina să încapă perfect în el. Întâmplător, la fel și cofeina.

Cofeivna

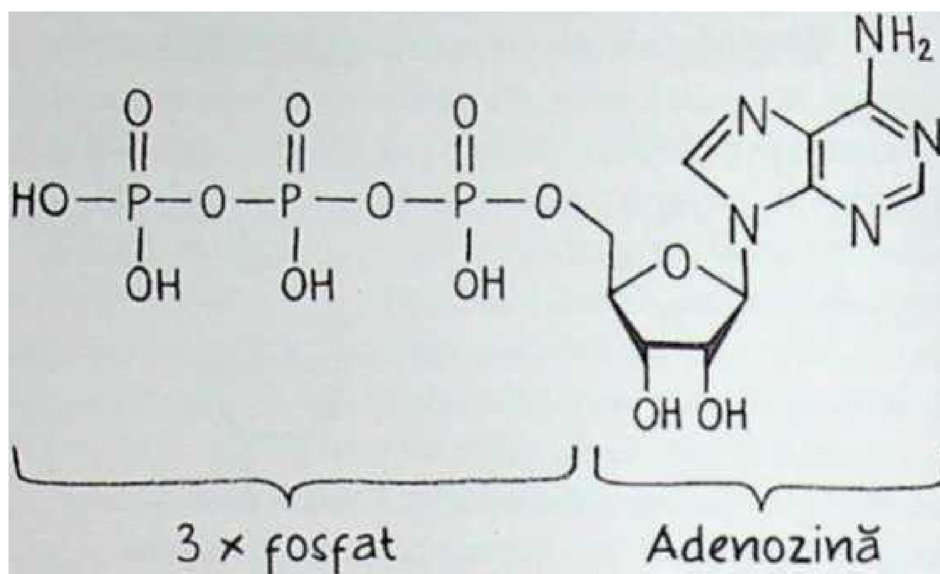




Rolul adenozinei este să ne dea de veste când obosim. Cu cât parchează mai multe molecule de adenozină la receptorii de adenozină, cu atât mai obosiți ne simțim. De unde vine adenozina? Desigur că apariția ei este legată de consumul nostru de energie. Cu cât consumăm mai multă energie, cu atât se formează mai multă adenozină. De fiecare dată când corpul consumă energie, fie că este la sport sau pur și simplu când gândește sau respiră, el are

nevoie de o moleculă numită adenozintrifosfat. La sport mai multă, la respirat mai puțină.

Adenozintrifosfatul reprezintă unitatea de energie a corpului, prescurtat ATP. Îmi place totuși să scriu întregul termen, pentru că așa este vizibil chiar și la nivel lingvistic că adenozintrifosfatul nu este decât adenozină pură care pierde cei trei fosfați. Reținem: cu cât consumăm mai multe molecule de ATP, cu atât se produce mai multă adenozină (un biolog ar zice altceva, dar nu este cazul să complicăm inutil lucrurile). Cu cât adenozina ne blochează receptorii, cu atât sunt mai obosiți.



Adenozintrifosfat

Doar dacă nu cumva... CAFEA! Când ne alimentăm cu cofeină, este nevoie de aproximativ un sfert de oră până când moleculele de cofeină ajung la receptorii de adenozină și parchează acolo. Se poate întâmpla chiar să dea afară moleculele de adenozină existente acolo. Cofeina blochează locul de parcare, dar receptorul nu se prinde. El „nu vede” adenozina și crede că este liber – iar noi credem că suntem treji!

În ciuda cafelei, Christine este la pământ. Tocmai a aflat că lucrarea ei a fost respinsă, „Paper rejected”, cum se zice. „The only difference between screwing around and science is writing it down”, spune Adam Savage de la *Myth Busters* și are dreptate. Un experiment nu este știință,

decât în momentul în care îl documentezi temeinic și apoi îl evaluezi. Odată ce aceste experimente conduc la o nouă descoperire, totul poate fi publicat ca teză, „paper”. Dar în spatele acestui cuvânt scurt se ascunde un proces lung, de multe ori frustrant, o știință în sine. După ce ai adunat rezultatele și le-ai ordonat în scris, documentul poate fi trimis unei reviste științifice. Redactorul revistei alege evaluatori, așa numiți reviewers, de cele mai multe ori profesori de la alte universități, care activează în același domeniu și care nu sunt cunoscuți de autor în procesul de evaluare. Aceștia citesc, evaluează manuscrisul și decid dacă merită să fie publicat. Înainte de asta, lucrarea trebuie refăcută conform indicațiilor lor, de cele mai multe ori trebuie adăugate date și experimente. Această evaluare a colegilor (peers) poartă numele de peer review. Ea este menită să asigure calitatea lucrărilor științifice publicate.

O lucrare poate fi respinsă de mai multe reviste înainte să fie publicată, după revizii atente. Se întâmplă ca evaluatorul 1 să considere că lucrarea este foarte bună, în timp ce evaluatorul 2 să nu fie chiar convins. Așa s-a întâmplat și la Christine. Îmi arată comentariile evaluatorului 2:

— Citește și tu, te rog. Este clar că tipul nu a înțeles paragraful acesta.

— Sau tipa, o corectez eu.

— Nu contează, omul ăsta nu a înțeles nimic.

— Păi, nu este rău, îi spun eu. Poate nu trebuie decât să revizuiești textul.

Chiar și într-o lucrare științifică există riscul să cazi în „capcana experților”. Ca expert, când vorbești despre munca ta, uiți ușor de câtă știință este nevoie ca să înțelegi despre ce este vorba. Nu se întâmplă doar când îi explici chimia unui necunoscător la o petrecere. Oamenii de știință tind inconștient să se exprime complicat când vorbesc între ei. Le dă apă la moară și faptul că deseori oamenii se feresc să admită când nu înțeleg ceva. Există pericolul să fii singurul prost care nu înțelege și asta ar fi penibil. Ca universitar, desigur, nu-ți poți permite o asemenea rușine.

La început, pe când îmi scriam lucrarea de doctorat și asistam la prelegerile altor doctoranzi, eram convinsă că trebuie să fiu bătută în cap, de nu înțeleg aproape nimic. Nici ceilalți nu aveau întrebări. Dar mi-am dat seama destul de repede că mulți aveau aceeași impresie. Astăzi știu că, de regulă, doar prelegerile erau ininteligibile.

Cu o prelegere ininteligibilă nu pierzi decât timpul publicului, cu o lucrare de neînțeles îți tai singur craca de sub picioare. Cel mai bine este să ai mereu un partener dispus să verifice inteligibilitatea textului. Pentru că, la un moment dat, nu mai ești atât de sigur ce este de înțeles și ce nu.

— Poți să te uiți și tu încă o dată peste lucrare? mă roagă Christine.

— Sigur că da. Știința accesibilă este între timp domeniul meu de specialitate.

De regulă, stăm la Christine la birou. Spre deosebire de celelalte „spații ale inovației”, biroul ei este doar pe jumătate de sticlă. În trecut obișnuiam să ne bucurăm de ceva intimitate aici, dar, de curând, Christine a trebuit să împartă biroul – cu Dino. De fapt, Dino se numește Torben și este postdoctorand la King K. Aduce un pic cu un oviraptor, de aceea l-am și poreclit pe ascuns, dar cu mult drag, Dino. Este un personaj foarte osos și se mișcă puțin adus de spate. La început mi-am zis că asemănarea cu un oviraptor nu este chiar cea mai potrivită. Oviraptorii erau dinozauri vicleni care furau ouăle altor dinozauri. Torben nu ar face niciodată așa ceva. Christine m-a lămurit că „hoț de ouă”, cum se traduce oviraptor, este de fapt o confuzie. S-a găsit un schelet de oviraptor peste un cuib de ouă și s-a tras greșit concluzia că oviraptorul se afla la furat. Mai târziu s-a stabilit că erau ouăle lui. Elementar, dragul meu Watson. În concluzie, se pare că oviraptorii erau niște dinozauri foarte de treabă. Așa ca Torben.

Torben este ciudățel într-un mod aparte și o spun cu toată convingerea. Ați observat că și eu sunt destul de ciudățică. Mi-e greu să privesc lumea altfel decât prin lentilele științelor naturale. Doar dacă este neapărată

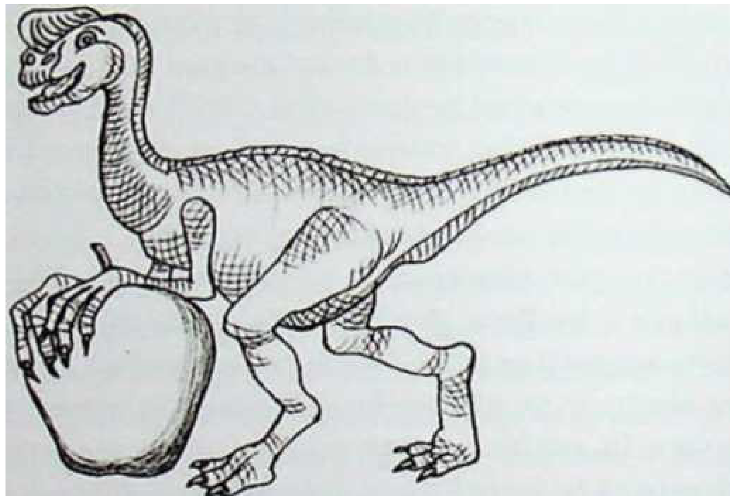
nevoie mă pot teleporta în lumea tristă a unui neinițiat în ale științelor naturale și pot conversa cu el, fără să mă dau de gol. Torben este deosebit de sfios, la granița cu anxietatea, și nu exagerez și nici nu sunt ironică. *Anxietatea socială,* sau fobia socială, este o boală recunoscută conform DSM-5 (ediția actuală *a Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders).* Nu vreau să pară că mă pricep să pun diagnostice psihice, în plus și de la distanță. L-am întâlnit pe Dino doar o dată. Cele mai multe lucruri pe care le știu despre el mi le-a povestit Christine. Când am fost aici ultima oară, el abia venise în institut. Stăteam la biroul Christinei, la biroul de vizavi stătea Dino, care părea că ar fi dat orice să nu fie acolo. Aveam cu mine o pungă cu bucăți de măr uscat (măr adevărat, nu ce găsești la Haribo) și i-am oferit câteva și lui Dino. A părut întâi să nu reacționeze, dar un ochi de cunoscător putea spune cu certitudine că îmi înregistrase oferta și se gândea la ea. Soluția în aceste situații, pentru care în engleză există minunatul termen awkward (ciudat), este să te faci că nu-ți dai seama de awkwardnessul situației. La pauze de conversație mai lungi să nu începi să râzi nervos, ci să rămâi relaxat și să aștepți să vezi ce se întâmplă mai departe. (Și aici ajută atitudinea pământurilor rare!) Dacă stai să te gândești bine, multe convenții sociale de relaționare umană nu au un scop logic. Iar unii ciudați nu pot gândi decât logic. De aceea stau închiși într-o bulă și se mișcă neajutorați în lumea dominată de small talk și de alte convenții sociale. De cele mai multe ori sunt catalogați pentru totdeauna ca *freaks,* ciudați, după câteva interacțiuni scurte. Dar dacă rămâi deschis, este doar o chestiune de timp până se sparge bula. Am trăit-o de multe ori pe pielea noastră, eu și Christine. În spatele celor mai tăcuți dinozauri se ascund uneori cei mai tari tipi. Am ținut punga de mere sub nasul lui Torben până a luat o bucată. Christine, care îl luase deja puțin sub aripa ei protectoare, i-a zis în glumă:

— Sau este prea sănătos pentru tine?

Torben i-a răspuns calm, în timp ce continua să țină

responsabil bucata de măr în mână:

— Am o alergie puternică la mere.



— Ce face Dino? întreb.

— Sunt mama lui, oftează Christine. Știi cum sunt puii de rață pentru care primul obiect care se mișcă este mama lor și pe care îl urmează apoi oriunde s-ar duce? Dino este puiul meu de rată și eu sunt mama lui.

— Pui de dinozaur, o corectez eu și mă întreb dacă așa făceau și puii acestor animale. Până una alta, cea mai apropiată rudă încă în viață este cocoșul.

— Este două și jumătate, cantina se închide curând, dar el nu a mâncat pentru că nu am mâncat eu.

— Uau!

— Da. M-am obișnuit cu gândul că de acum existăm doar la pachet.

Mi-i și imaginez pe Christine și pe Dino, peste 50 de ani, cum stau la gura focului și tricotează.

Ne îndreptăm cu pași repezi spre cantină, înainte să închidă. Christine vrea să vadă ce se întâmplă dacă nu-l ia pe Dino cu ea. Drumul spre cantină trece prin fata biroului ei. Tragem cu ochiul prin geam. Dino stă la calculatorul lui și pare să nu ne observe, dar Christine este sigură că o să vină curând după noi. Chiar dacă sunt și eu aici? Nu de alta, dar ultima oară aproape că l-am otrăvit.

Apropo de otravă, anul trecut în fața cantinei de la

facultate erau adunați vreo 30 de studenți care demonstrau împotriva conservanților. Eu cred că o cantină fără conservanti nu este o idee strălucită. Sunt o adeptă a mâncării sănătoase și îmi gătesc singură și cu ingrediente proaspete oricând pot. Dar într-o cantină în care mănâncă zilnic mii de oameni mă bucur că există conservanți. Lumea este un loc plin de bacterii, ciuperci și alte microorganisme. Și ele trebuie să se hrănească cu ceva, de exemplu cu mâncarea noastră. Nu aș avea nimic împotrivă să împart mâncarea cu ele, nu este ca și cum as rămâne nemâncată, dacă nu ar transforma totul într-un dezastru scârbos și urât mirositor. De infecții și toxiinfectii nici nu mai vorbesc. Știm cu toții de Salmonella, dar lista este mult mai lungă. De exemplu, botulismul – sună a curent de gândire filosofică, dar este o boală periculoasă a cărei cauză este carnea infestată.

Pe lângă bacterii există și procese chimice în urma cărora mâncarea se poate strica (sigur că substanțele otrăvitoare sunt și ele rezultatul unor reacții chimice în schimbul de substanțe dintre bacterii, dar știți de fapt la ce mă refer). Reacția chimică clasică vinovată de deteriorarea alimentelor – am amintit-o deja când am vorbit despre încărcătorul de telefon mobil – este oxidarea.

Oxidarea poate fi definită în mai multe feluri. În cazul bateriei de mobil, oxidarea este o reacție chimică prin care se cedează electroni. Este o definiție general valabilă. Oxidarea poate fi definită și în sens mai restrâns și mai literal, respectiv ca o reacție chimică cu *oxigen.* Când grăsimile intră în reacție cu oxigenul, când se oxidează, se râncezesc și nu mai pot fi mâncate. Mărul tăiat își schimbă culoarea ca urmare a oxidării polifenolilor. Poate v-ați pus deja întrebarea de ce unele soiuri de mere își schimbă mai repede culoarea decât altele. De regulă soiurile mai noi, precum *Granny Smith* sau *Golden Delicious,* sunt mai sărace în polifenoli. Lucru neplăcut pentru alergicii la mere ca Dino. Cu cât conținutul de fenoli este mai mare într-un măr, cu atât un alergic îl va suporta mai bine.

Pentru oxidare se folosesc de regulă așa-numitele

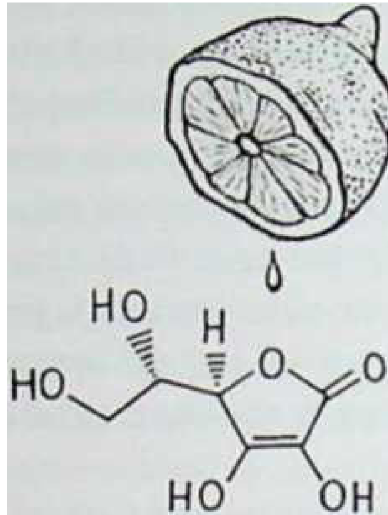
enzime. Ele aparțin familiei proteinelor și le găsim peste tot, în oameni, animale, plante și fructe. Sunt foarte diverse în structurile și funcțiile lor chimice și au în comun calitatea de catalizatori pentru reacții chimice. Catalizator înseamnă că enzimele pot ajuta moleculele să facă ceea ce oricum își doresc, dar nu prea pot. Ca tânărul care-l ajută pe domnul mai în vârstă să coboare din troleibuz. Alte enzime par niște agenții matrimoniale, care aduc împreună partenerii de reacție potriviți. Altele sunt niște ajutoare în bucătărie care se ocupă eficient de tăiatul legumelor.

Enzimele sunt o clasă de substanțe impresionant de diversă. Merele nu-și schimbă culoarea imediat cum dau de oxigen. Ele au o enzimă pe nume polifenoloxidază, pe scurt PPO, care le asistă în acest proces. Numele ne indică clar faptul că PPO este responsabilă de oxidarea polifenolilor și că sufixul „-ază” este tipic pentru enzime. Nici procesele noastre metabolice nu funcționează fără enzime, pentru că cele mai multe reacții vitale nu ar fi posibile sau ar fi mult mai lente fără enzime. De exemplu, eu nu pot să beau alcool, pentru că, la mine, una dintre enzimele care ajută la descompunerea alcoolului nu funcționează. Dar despre aceasta o să vă mai povestesc în Ca*pitolul 13.*

Alterarea mâncării nu este altceva decât o serie de reacții chimice nedorite. O conservare eficientă se realizează în frigider și în congelator, pentru că, cu cât este mai scăzută temperatura, cu atât reacțiile chimice sunt mai lente. În plus, mai există și alte strategii chimice, pentru a preveni alterarea alimentelor: fie le faci viața grea microbilor, fie enzimelor, fie scapi de oxigen. Multe drumuri duc la Roma.

Să începem cu oxigenul. Pe această planetă este foarte dificil să protejezi ceva de influența oxigenului, pentru că el este parte din aerul pe care-l respirăm (și nu ne plângem de asta). Producătorii pot să ambaleze alimentele fie în vacuum sau să protejeze ambalajul cu un gaz (precum argonul sau azotul din *Capitolul* 6). La alimente, gazul protector este de regulă o combinație săracă în oxigen dintre azot și CO2. Din ambalajele de alimente nu poți să

scoți complet oxigenul, dar cu cât mai puțin contact, cu atât mai puțină oxidare. Dacă pui peste merele tăiate un strat de Nutella, ea poate acționa ca un strat protector consistent, doar că nu foarte sănătos. Varianta mai sănătoasă vă este probabil cunoscută: stoarceti suc de lămâie peste măr. Acesta conține vitamina C, un așa-numit antioxidant.



Vitamina C (Acid ascorbic)

Despre antioxidanți vorbește toată lumea, auzim despre ei în toate reclamele la cosmetice. Chimic și literal definim antioxidanții ca substanțe care previn oxidarea, deoarece reacționează ei înșiși bine și des cu oxigenul. Ca niște adevărați martiri, se aruncă în fața puștii strigând: „Lasă polifenolii în pace! Ia-mă pe mine!"

Sucul de lămâie este și acru. Iar acizii intră în componența multor enzime. Enzimele sunt molecule complexe, uriașe, formate și împachetate inteligent, asemenea unui origami trăsnit. Structura lor tridimensională este secretul unei munci de precizie. Ele pot combina fără să dea greș doi parteneri de reacție, ținându-l pe unul ostatic într-un buzunar, în vreme ce celălalt își atinge scopul. Acizii pot însă descompune enzimele. Astfel ele își pierd structura lor tridimensională și rolul lor de catalizator chimic. De aceea, castraveții murați țin mai mult. Acidul acetic conservă. Există chiar bacterii care ajută prin acizii lor la conservarea alimentelor. Aș vrea

să mai subliniez o dată: nu toate bacteriile ne fac rău. În plus, binele și răul se întrepătrund uneori: laptele se acrește sub acțiunea acidului lactic produs de bacterii. Acest procedeu este folosit la fabricarea iaurtului și a cremei de brânză. În lapte se adaugă diverse bacterii de acizi lactic care-l transformă în produse acre, dar bune la gust și cu termen de valabilitate crescut. Același truc ca la producția de varză acră, care, așa cum se știe, se conservă și ea mult mai bine așa.

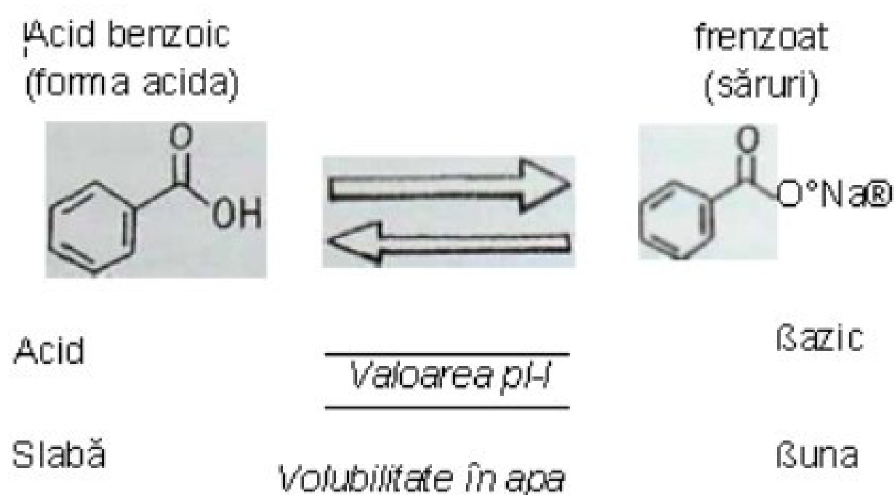
Dar nu oțetul și bacteriile de acid lactic sunt problema, ci conservantii CHIMICI!

Hai să agreăm de la început că prin „conservanți sintetici” înțelegem conservanții produși în laborator. Dacă ne uităm pe ambalaje la lista de ingrediente, vom descoperi conservanții sintetici ascunși în spatele unor E-uri misterioase. Cei mai importanți sunt acizii, cum este acidul sorbic și sărurile lui, sorbații. Le găsim pe listă ca E200, E202 sau E203 Structura lor chimică seamănă puțin cu cea a acizilor grași s a sărurilor lor, pe care le folosim ca săpun. Conservanții intră în reacții la fel ca acizii grași naturali din alimente și nu trebuie să ne îngrijorăm că ar fi toxici. În plus, aproape că nu au miros sau gust.

Uneori este nevoie și de alți acizi, de exemplu de acidul benzoic și de sărurile lui, benzoații. Îi găsim sub denumirea de E210 până la E213. Ei protejează împotriva drojdiilor și a ciupercilor care reușesc să se insinueze și la o valoare scăzută a pH-ului, adică atunci când în alimente există și alți acizi. Se adaugă în special în alimentele acre, cum ar fi maioneza, conservele de pește și de murături sau băuturile acidulate. Acidul benzoic are o reputație mai proastă decât cel sorbic. Printre altele, este bănuit că i-ar face pe copii hiperactivi. Este o teamă nesusținută de studii științifice, așa cum a stabilit și Comisia Europeană pentru Siguranța Alimentelor. Oficial, acidul benzoic și benzoații sunt considerați siguri.

Însă există unele temeri care pe mine, în calitate de chimistă, mă scot din sărite. Citesc frecvent: „Acidul benzoic este o substanță naturală și nu avem de ce să ne

temem să-l folosim. Pe de altă parte, benzoații sunt sintetici și de aceea periculoși”. O nouă dovadă de chimism orb, pentru că acidul benzoic și benzoații sunt două forme diferite ale aceleiași molecule! Asemenea acizilor grași, acidul benzoic este un așa-numit acid carbonic. Acizii carbonici au tot timpul două forme diferite, o formă acidă și o formă salină. La fel ca în cazul acizilor și al săpunului, acidul nu este solubil în apă, în vreme ce sărurile, sub formă de ioni încărcati electric, sunt. Forma în care găsim acest element ține de valoarea pH-ului din mediu. Într-un mediu bazic (la o valoare a pH-ului ridicată) avem mai mult benzoat, într-un mediu acid (la un pH scăzut), mai mult acid benzoic. Dacă adaugi benzoat la un preparat acru – deci în mediul lui favorit –, o parte din benzoat se va transforma în acid benzoic. În concluzie, nici vorbă de „natural” versus „chimic”! Valorile acceptate sunt oricum stabilite indiferent de circumstanțe și nu pot fi depășite.



Pe lista de ingrediente, unde acestea sunt ordonate în funcție de cantitate, E-urile conservanților apar în general la final, pentru că nu este nevoie de cantități mari. Aceasta nu înseamnă că toxicitatea nu trebuie controlată cât mai bine cu putință. Posibilitățile tehnice dintr-un laborator se îmbunătățesc încontinuu, iar datele pentru studiile de lungă durată se pot colecta mai ușor decât înainte. Cercetarea este importantă inclusiv pentru substanțele aprobate pentru consum. Acestea trebuie verificate la intervale regulate pe baza celor mai noi date din domeniu. Știți deja

că cercetarea este complicată și poate dura mult. Când vine vorba de sănătate sau de siguranță alimentară și când există riscul unor efecte nocive, chiar și datele incomplete trebuie luate în serios. În acest fel, se pot lua din timp în calcul alternative. Dar panica sau chimismul (sau frica de baubaul chimic) nu este soluția, mai ales când nu ai încă la dispoziție alternative raționale.

Chimism încolo, chimism încoace – îi înțeleg perfect pe cei care resping ingredientele „artificiale” și le preferă pe cele „naturale”. Și mie îmi place mai mult mâncarea proaspătă, are alt gust. Din păcate, eticheta „natural” nu înseamnă automat și proaspăt. Îți dai seama de aceasta când compari aromele și potențatorii de gust naturali și sintetici. Cine știe ce molecule dau aroma unui fruct natural poate fie să extragă aceste molecule (pe cale naturală) sau să le creeze în laborator (CHIMIE!). Nu există nicio diferență între moleculele din natură și cele din laborator, atât timp cât structura chimică este aceeași. Firește, natura este o chimistă mult mai versată decât toți chimiștii la un loc. Gustul reprezintă o combinație ingenioasă de molecule diverse, în vreme ce aromele sintetice sunt construite mult mai simplu. Dar aceasta înseamnă și că sunt la fel de sigure precum aromele naturale, dacă nu mai sigure, pentru că fiecare substanță din aroma sintetică este cunoscută și testată.

În plus, dacă pe produs scrie „doar cu arome naturale”, asta nu înseamnă că aceste arome vin din fructul respectiv. De exemplu, „aroma naturală de cocos” nu provine de cele mai multe ori din nuca de cocos, ci are la bază o moleculă pe nume lactonă de Massoia, din scoarța arborelui de Massoia. Naturală, da, cocos, nici pe departe.

Dacă ești preocupat de o alimentație sustenabilă, nu ar trebui să demonizezi toate ingredientele chimice. Acidul citric, folosit la rândul lui drept conservant, se găsește în mod natural în lămâi sau în alte citrice. Dar nu există suficiente lămâi și citrice pe planeta asta care să acopere necesarul de acid citric. Așa că prefer un acid citric sintetic, pentru că oricum nu contează dacă molecula a fost produsă

de o plantă sau de o chimistă.
Chimia nu vă vrea răul, oameni buni.

Apropo de chimie: vă aduceți aminte de cazul cu cheeseburgerii misterioși de la Medonald's? Cei care nu se stricau niciodată? O femeie pe nume Karen Hanrahan a cumpărat în 1996 un cheeseburger de la Medonald's, pe care probabil că-l mai are și astăzi. La mai mulți ani (ani!) de la cumpărare, cheeseburgerul era încă intact, nu dădea semne să se strice, ba mai mult, arăta la fel ca toți cheeseburgerii de la Mac. Probabil continuă să arate la fel și astăzi, ultima oară am auzit de burgerul nemuritor în 2012. Povestea a ținut prima pagină a ziarelor mai mulți ani. Ce au putut pune în burgerul-monstru? Ce cocktail chimic face asta? Ce mâncăm, de fapt??

Răspunsul este dezamăgitor și liniștitor în același timp: nu a pus nimeni substanțe monstruoase în burger, doar că burgerii de la Medonald's sunt foarte uscați. Burgerul s-a deshidratat atât de repede, încât nici măcar bacteriile și ciupercile nu au mai avut apă ca să-și poată duce la bun sfârșit munca. Karen Hanrahan era o activistă al cărei țel declarat era să ne avertizeze împotriva industriei fast-food. În acest context, cheeseburgerul deshidratat i-a servit convingător ca element de recuzită. L-a folosit ca „dovadă" pentru cât de dăunătoare este chimia conservanților. În principiu, o susțin în demersul ei. Este bine să mâncăm cât mai puțin fast-food. Dar nu mi se pare corect să denaturăm rezultate științifice în scopul propagandei. Există multe alte dovezi științifice clare care ne arată de ce este bine să mâncăm mai puțin fast-food!

Ce ne arată totuși exemplul cu cheeseburgerul: nu doar oxigenul alterează mâncarea, ci și apa. Putem găti mâncare uscată ca iasca sau adăuga zahăr ori sare cu nemiluita (nu că asta ar fi sănătos). Atât zahărul, cât și sarea absorb apa, sunt atât de hidrofile, încât atrag moleculele de apă asemenea unui magnet. Acestea se cuibăresc strâns la sânul ionilor de sare sau al moleculelor de zahăr și nu mai pot fi folosite de microbi.

După micul protest studențesc de la cantină nu s-a renunțat la conservanți, dar măcar au început să fie prezentați mult mai transparent în meniu. Mi-e teamă însă că oamenii se neliniștesc și mai tare la vederea denumirilor conservanților sau a E-urilor misterioase. Substanțele conservante sunt parte din viața noastră modernă cotidiană. Cu toate acestea, știm atât de puține despre ele. De aceea crezul meu este că avem nevoie să înțelegem mai bine chimia! Cu toate nuanțele ei, cu toate riscurile și oportunitățile.

Firește că este mai bine să ne hrănim cu alimente proaspete, neprocesate, din surse locale, oricând avem ocazia. Dar uneori trebuie să fim pragmatici și să înțelegem că luxul de a putea cumpăra de la supermarket, la fel ca „luxul” de a mânca la cantină, se bazează pe un progres de secole și nu ar fi posibil fără conservanți.

Conservanții sunt doar un exemplu între multe altele. În general sunt foarte multe lucruri pe care le datorăm chimiei și substanțelor sintetice. Ne temem de otrăvuri și de substanțe chimice artificiale, și nu ținem cont de nenumăratele succese din domeniu, care ne fac viața mai ușoară sau chiar ne-o salvează, fie că este vorba de medicamente, izolații de cabluri electrice sau spray-uri de volum.

Uneori chimiofobia îmi aduce aminte de teama de vaccinuri: vaccinurile sunt atât de bune, încât am uitat de toate bolile cumplite care au dispărut datorită lor. O viață fără vărsat de vânt, rujeolă, difterie sau poliomielită a devenit un lucru normal, pe care nu mai știm să-l prețuim. În schimb, ne panicăm din cauza unor efecte secundare rare, care nu se compară cu bolile pe care le eradicăm, atât din punctul de vedere al frecvenței, cât și din cel al periculozității.

Recunosc: comparația dintre vaccinuri și chimie în general șchioapătă. Nu putem generaliza și spune că chimia este mai puțin periculoasă decât benefică. Vreau doar să avertizez împotriva generalizărilor, cărora le cădem ușor victime. Odată am vrut să cumpăr de la farmacie ceva

împotriva răcelii. Farmacistul mi-a dat să aleg între două preparate, unul din plante și unul chimic. Fără să mă gândesc prea mult, am cerut preparatul chimic, aveam nevoie de ceva serios care să aibă efect. Mi-am dat apoi seama că presupusesem automat că preparatul chimic va fi mai eficient, fără să analizez atent ambele produse. Mi-am făcut singură mea culpa: o substanță sintetică din laborator nu este automat mai eficientă, cum nicio substanță din plante nu este neapărat mai slabă.

Dacă ne-am cunoaște mai bine și am reuși să ne debarasăm de propriile prejudecăți, am putea să tratăm corect atât chimia, cât și natura și am lua decizii mai inspirate.

Christine mă trage de mânecă și-mi arată cu capul în direcția casei de plată. Într-adevăr, oviraptorul se îndreaptă cu tava de mâncare spre noi.

— E al tău și nuuumai al tău, cânt eu.

— Ar trebui să-i propun să ne mutăm împreună.

Christine face pe sarcastica, dar de fapt l-a îndrăgit pe Dino.

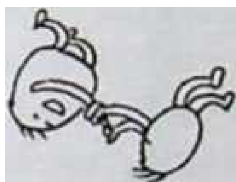
— Sunt mândră de el, când văd că nu ne ocolește.

— Sunt drăguță de felul meu, răspund eu.

— De felul meu sunt o mamă bună, spune Christine.

Torben se așază lângă noi la masă și se întâmplă ceva monumental. Mă privește fix și un zâmbet larg i se așterne pe față în timp ce pune pe tava mea un măr. Ce revenire spectaculoasă! în mintea mea, cantina întreagă se ridică în picioare, aplaudă și strigă, se aruncă cu confetti, se agită steaguri. Mulțimea în delir îl poartă pe Dino pe umeri. Eu și Christine îl privim cu ochi strălucitori, în vreme ce Torben începe să râdă.

— S-a spart bula, îmi șoptește Christine.



Covalent compatibil

— King K a trecut pe la noi prin birou și m-a făcut cu ou și cu oțet, ne spune Dino pe tonul lui liniștit.

— Ce?! strigă Christine.

I s-au activat instinctele materne. Încep să mă întreb dacă relația mamă-pui de dinozaur nu a pornit cumva de la ea.

— Ce-a vrut iar?

— Zice că trebuie să scoatem plantele din birou. Nu se potrivesc cu identitatea corporatistă.

— Cu CE? exclamăm amândouă în același timp.

Uneori mă bucur că am plecat din mediul universitar – ce se întâmplă aici este de neconceput.

— Și tu ce-ai zis? îl întreb pe Torben.

— L-am întrebat dacă să le scot imediat din birou, răspunde Dino impasibil. S-a enervat și mi-a zis: „Aveți un titlu de doctor, nu mai puneți întrebări idioate”.

King K este un om care nu a mai auzit de mult cuvântul „Nu”. Nici n-o să îndrăznească nimeni să îi spună că faza cu plantele este deplasată. Așa se întâmplă când te afli la vârful ierarhiei. Peste tot sunt ierarhii, firește, doar că nicăieri ca în mediul universitar. În companii, fiecare șef are un șef deasupra lui. Iar conducerii i se uită peste umăr acționarii sau sindicatul. Deasupra unui profesor nu este teoretic decât Dumnezeu. Cum profesorii de științe naturale sunt în general atei, ei se află în vârful absolut al piramidei puterii.



Sigur că există și profesori și profesoare de treabă. Profesorul care ne-a îndrumat la doctorat, pe mine și pe Christine, a fost extraordinar. Dacă nu ar fi fost el, probabil că Christine ar fi câștigat acum mulți bani în industrie, ceea ce ar fi fost o mare pierdere pentru știință. Din păcate, nu există suficienți oameni care să-ți ofere măcar o brumă de suport emoțional și sentimentul că însemni ceva, într-o lume a contractelor de muncă pe perioadă determinată, a

salariilor modeste și a unei presiuni înnebunitoare. Următorul episod stă mărturie pentru asta.

În 1996, același an în care Karen Hanrahan a cumpărat cheeseburgerul nemuritor, chimistul Erick M. Carreira a scris o scrisoare. Pe atunci Carreira era un profesor de chimie debutant la Caltech, *California Institute of Technology,* una dintre cele mai renumite universități din lume. Era un document privat, adresat unuia dintre postdoctoranzi, dar a fost dată ulterior publicității. Încerc să traduc aici cât mai fidel scrisoarea.

Guido:

Aș vrea să-ți transmit în scris care sunt așteptările de la tine, ca membru al grupei de cercetare. În plus față de orele de lucru normale mă aștept ca toți membrii grupei să lucreze și seara și la sfârșit de săptămână. O să vezi că așa este obiceiul la Caltech. În situații excepționale înțeleg dacă există chestiuni personale pe care trebuie să le rezolvi și care vor presupune absența ta din laborator. Însă este inacceptabil pentru mine ca asta să devină o obișnuință.

Am observat că nu ai reușit să ajungi în laborator în câteva weekenduri și în ultimul timp și seara. În plus, ai cerut și concediu. Nu am o problemă cu concediul binemeritat, dar am o problemă cu concediul sau timpul liber prelungit care dăunează proiectului. Nu mă bucură deloc situația și cred că este în detrimentul dezvoltării tale profesionale.

Mă aștept să-ți îmbunătățești imediat atitudinea. Primesc în fiecare zi o aplicație pentru postdoctorat, din SUA și din alte părți ale lumii. Dacă nu poți sa *faci față ritmului, sunt convins că aș putea găsi pe cineva potrivit care să te înlocuiască în acest proiect important.*

Cu cele mai sincere gânduri,

Erich M. Carreira

Publicarea acestei scrisori a indignat pe de o parte opinia publică, pe de altă parte conținutul nu era altceva decât onest. Pe mulți chimiști atitudinea directă i-a șocat

mai mult decât așteptările exprimate, care nu sunt o excepție în cercetare. Cunosc și alte povești, cu care aș putea umple o carte.

Când a scris scrisoarea, Carreira se afla într-o situație asemănătoare cu a lui Christine: avea 33 de ani și era „Associate Professor” în cea mai importantă fază a carierei sale academice, „Make-or-Break”. În prezent, este unul dintre cei mai cunoscuți specialiști în chimie organică. Am auzit că între timp s-a mai relaxat.

Când mă uit la Christine și la mulți alți cercetători tineri, îmi spun că viitorul arată bine. Nu pot decât să sper că nu se vor transforma în monștri după câțiva ani de carieră universitară. Christine îmi reamintește mereu că sunt *datoare s-o* pocnesc cât pot de tare, dacă voi constata vreodată că-și tratează inuman studenții.

Relațiile interumane sunt cel mai important lucru. La fel ca în chimie: atomii sunt fascinanți când îi privești separat, dar partea cu adevărat interesantă vine când atomii se combină în molecule și produc reacții chimice. Unele legături chimice simt asemănătoare relațiilor umane. De exemplu, în cercul nostru de prieteni există o pereche nedespărțită, „Ștefanii”, pentru că așa se și numesc, Ștefi și Ștefan. Pare grețos de dulceag, dar culmea ironiei, este exact pe dos. Am zice că Ștefanii se ceartă încontinuu, dar de fapt se ceartă doar Ștefi, în vreme ce Ștefan tace și înghite. O relație dezechilibrată, în care Ștefi este foarte pretențioasă, în vreme ce Ștefan este dispus să cedeze mereu. Christine crede că Ștefan a tras lozul necâștigător. Însă eu tind să cred că Ștefan are exact relația pe care și-o dorește. Cei doi sunt de mult timp împreună și, cred eu, fericiți în felul lor. Christine ar spune că relația Ștefanilor este una „metastabilă”, eu o văd mai degrabă ca pe o „legătură ionică”.

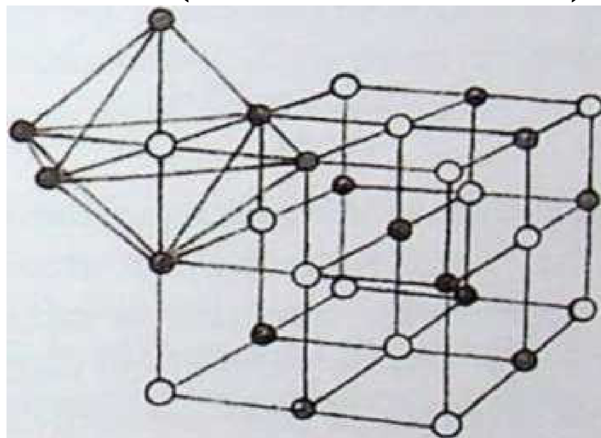
Există trei feluri diferite de legături chimice, sau cel puțin trei care merită cunoscute: legătura ionică, legătura atomică sau covalentă și legătura metalică. Elementul cu ajutorul căruia se leagă doi atomi este mereu același:

electronul. Legăturile chimice se formează prin distribuția de electroni. Mai precis este vorba despre electronii exteriori, care se împart între atomi într-o legătură chimică. Sper că mai țineți minte asta din *Capitolul 2.* De ce se leagă atomii? Răspunsul stă în regula octetului. Dar tipul de legătură care se formează depinde de cât de precis se distribuie electronii între parteneri.

Într-o legătură ionică, un partener îi dă celuilalt un electron. Pot fi și mai mulți, în funcție de nevoile care apar prin regula octetului. Știm deja asta de la fluorurile de sodiu din pasta de dinți sau din clorura de sodiu, sarea noastră de bucătărie. Apar sarcini pozitive și negative, cationi și anioni (ne amintim de *Capitolul 2), care se* atrag reciproc. Același lucru se întâmplă și în relațiile sau legăturile umane. Și acolo spunem: contrariile se atrag – voilâ, legătură ionică!

Spre deosebire de cazul Ștefanilor, nu trebuie să ne închipuim o legătură ionică cum este clorura de sodiu ca pe perechi individuale de sodiu și clorură. În cazul atracției electrostatice dintre sodiul pozitiv și clorura negativă, atracția se răsfrânge de la fiecare ion în toate direcțiile, asemenea unor raze. Fiecare ion de sodiu se înconjoară tridimensional cu ioni de clorură și viceversa. Se formează o structură ordonată, tridimensională, rețeaua ionică. La sarea de bucătărie rețeaua ionică arată așa:

Rețeaua ionică a NaCl,
clorura de sodiu (sare de bucătărie) e Na* oCl



„Căsătorie-model”, așa am numit o astfel de legătură în *Capitolul 2.* Nu prea se mai potrivește acum, când privim

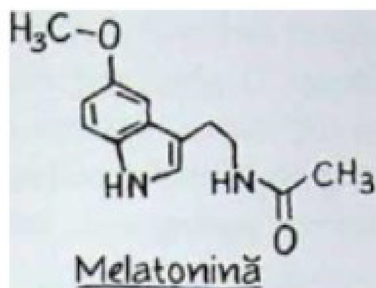
imaginea. O legătură ionică este o legătură dezechilibrată, unul dă, celălalt primește. Dar ambii sunt fericiți. Ca Ștefanii.

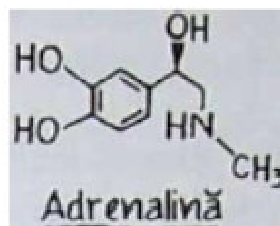
Pentru că unul nu își dorește altceva decât să dea, în vreme ce pentru celălalt este important să primească (la fel ca în reacțiile de redox din *Capitolul* 6). Poate că este totuși vorba de o căsătorie perfectă, chiar dacă nu neapărat evidentă, pentru că din afară ești tentat s-o judeci pe Ștefi și să-l plângi pe Ștefan. Acest principiu chimic se aplică și în alte legături interumane: eu cred că relația mamă-pui de dinozaur dintre Christine și Torben este o legătură destul de ionică.

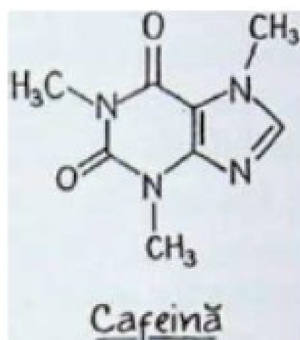
Hai să ne uităm acum la un alt tip de legătură, care mi se potrivește mai degrabă mie și lui Christine. În *Capitolul 2* era legătura dintre carbon și fluor din teflon. Legăturile organice, adică legăturile care conțin carbon, sunt predestinate pentru așa-numitele legături atomice sau covalente. Mie îmi place mai mult denumirea de legătură covalentă, legătură atomică nu îmi spune nimic. Nu sunt toate legăturile legături între atomi?

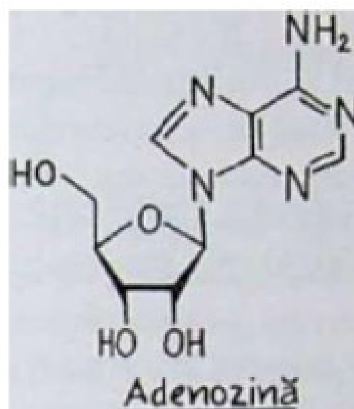
Partenerii din legăturile covalente își împart electronii, în loc ca unul să dea și altul să primească. Ele sunt susținute de electroni comuni, nu de atracția electrostatică dintre sarcini. Până acum ați văzut deja câteva legături covalente în această carte:

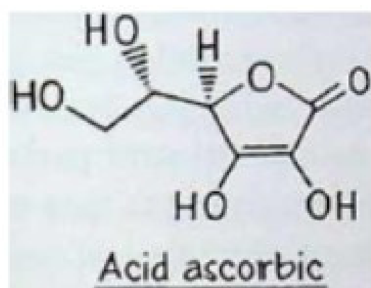
Fiecare liniuță înseamnă o legătură covalentă. Și fiecare colț neinscripționat altfel reprezintă un atom de carbon. Pentru că viața noastră este dominată de carbon, cele mai multe molecule conțin atât de mulți atomi de carbon, încât nimeni nu se mai obosește să scrie peste tot „C" (sau CH, CH2, CH3).

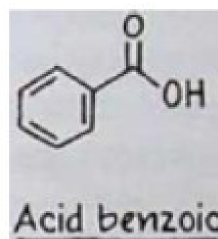




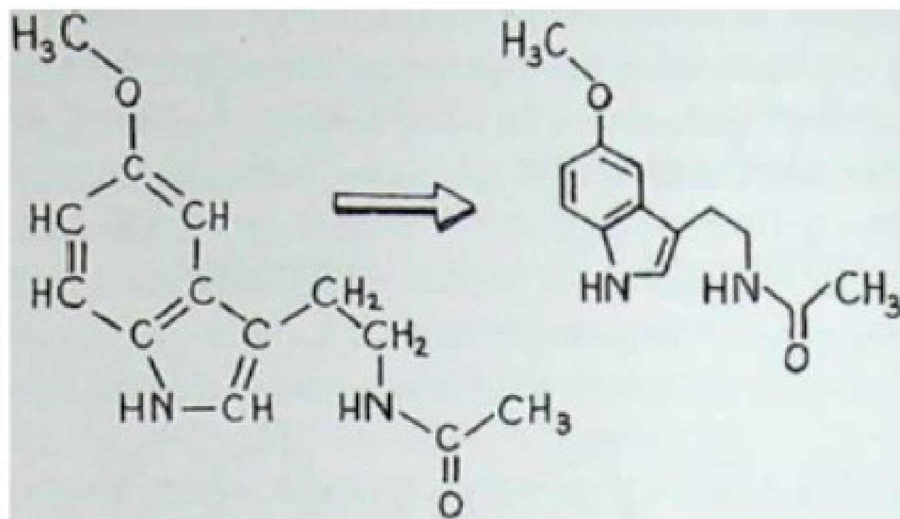








Carbonul este un maestru al legăturilor covalente. Acesta este unul dintre motivele pentru care viața are la bază carbonul și motivul pentru care credem că *orice* formă de viață are la bază carbonul. Spre deosebire de legătura ionică, cea covalentă nu se extinde sub formă de raze în toate direcțiile, ci are o direcție precisă și un anumit unghi între două legături. De aceea, cu ajutorul legăturilor covalente se pot realiza structuri mai istețe decât prin legături ionice, cum ar fi ADN-ul nostru, proteine uriașe complicate, sau toate moleculele pe care le veți găsi în această carte. Chiar și moleculele simple, mici, cum sunt cele de gaz, funcționează doar prin legături covalente, în vreme ce legăturile ionice formează direct rețele uriașe.



Reprezentare simplificată a structurilor chimice,

de exemplu, melatonina

Granița dintre legăturile ionice și cele covalente este fluidă. Nu în toate legăturile covalente ambii parteneri au aceleași drepturi. La împărțirea electronilor, un partener poate lua mai mulți electroni decât celălalt. Cât de echitabil se împart electronii ține de cât de diferiți sunt partenerii în electronegativitatea lor. Electronegativitatea este capacitatea elementelor chimice de a atrage electroni în cadrul unei legături. Într-o legătură cu doi atomi egali, de regulă de carbon, legătura este echitabilă și echilibrată. Dar într-o moleculă de apă (H_2O) atomul de oxigen este mai electronegativ decât atomii de apă (H) și atrage mai tare electronii. Asta nu face ca apa să fie automat ionică, dar atomul de oxigen va avea o densitate de electroni mai mare decât atomii de apă. Se produce o așa-numită polaritate – la fel ca la polul plus și la cel minus al bateriei, și la molecula de apă se regăsește o separare ușoară de sarcină. Mai spunem și că atomul de oxigen are o sarcină parțială negativă, iar atomii de apă, una parțială pozitivă. O legătură covalentă cu tentă ionică, am putea spune. Se mai numesc și legături atomice polare sau legături covalente polare.

Dacă electronegativitățile sunt foarte diferite, atunci unul dintre partenerii de reacție va atrage toți electronii, iar rezultatul va fi o legătură ionică.

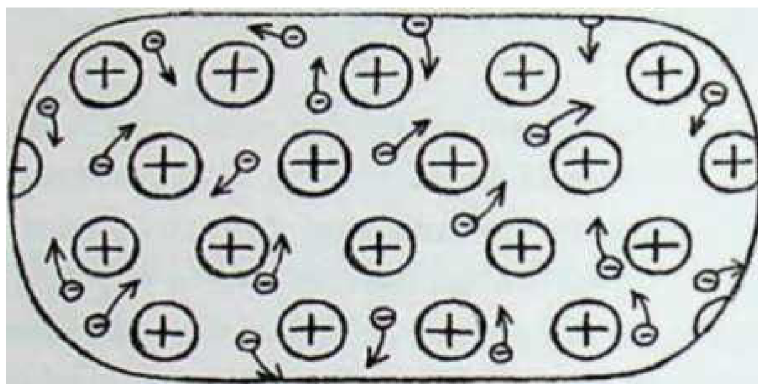
Mă distrează să împart legăturile umane în legături ionice și covalente. Unii caută în partenerii și în prietenii lor opusul propriei persoane, eu sunt mai degrabă genul covalent. Cred, de exemplu, că am un mariaj foarte covalent. Iar prietenii mi-i aleg pe cât posibil ca să-mi fie „covalent compatibili”. Unora li se poate părea plictisitor, eu cred că situația are avantajele ei. Când Christine mi-a organizat petrecerea burlăcițelor, au venit mai multe dintre prietenele mele care nu se cunoșteau între ele. Christine a fost foarte impresionată cât de simplă și de armonioasă a fost interacțiunea dintre toate persoanele. Cu siguranță, preferința mea pentru prietenii covalente a avut o influentă semnificativă.

*

Apoi mai există legăturile metalice, care au și ele particularitățile lor. Ele unesc lingourile de aur sau un cui de fier. Plus lingura noastră din *Capitolul* 1, acolo unde ne-am imaginat simplist legătura metalică drept un spalier. Dar între timp sunteți pregătiți să aprofundați subiectul, nu-i așa?

Elementele chimice se pot împărți în metale și nemetale. Aproape patru cincimi dintre elementele din tabelul periodic sunt metale. Ele au în comun forma interesantă a legăturii, care se descrie prin modelul norului de electroni. În acest model, electronii exteriori nu sunt legați și nici nu țin de un singur atom. Ei se mișcă relativ liberi în interiorul metalic, la fel ca moleculele într-un gaz. De aceea această comunitate haotică de electroni se numește și nor de electroni.

La fel ca la legătura covalentă, legătura metalică se bazează pe electroni împărțiți, doar că în metal principiul călăuzitor este cel al comunității: toți își împart totul.



Modelul norului de electroni

Când atomii de metal își lasă electronii exteriori să zburde liber, ei rămân încărcați pozitiv. Nucleele pozitive formează apoi structura metalului, așa-numita rețea metalică. Nucleele pozitive și electronii din norul electronic se atrag reciproc, asemenea cationilor și anionilor din rețeaua ionică. Exact asta dă specificitatea metalelor. Acestea au trei particularități, toate având la bază acest tip particular de legătură din norul de electroni.

Unu: Metalele sunt bune conductoare de energie electrică.

Electricitatea nu este altceva decât un flux de electroni. Electronii pot circula fără probleme sub formă de nor de electroni. Dacă legi o sârmă de metal de o baterie, electronii vor intra pe o parte și vor ieși pe alta.

Doi: Metalele sunt bune conductoare de energie termică.

Revenim din nou la *Capitolul 1* și la întrebarea de ce o lingură de metal se simte mai rece la atingere decât o masă de lemn. Dacă convecția nu este altceva decât transmiterea energiei cinetice dintre particule, atunci sigur că fenomenul se realizează cel mai ușor când particulele se mișcă liber și nu se ciocnesc între ele. Cu fiecare ciocnire în norul de electroni energia se transmite de la un electron la altul. Spre deosebire de metale, lemnul este compus din legături covalente, deci este mult mai rigid din punct de vedere molecular și un conductor slab de energie termică.

Trei: Metalele sunt maleabile.

Nu vreau să spun cu asta că metalele sunt neapărat

moi. Duritatea și maleabilitatea sunt două lucruri diferite. O sârmă de metal este în același timp dură și maleabilă. Dacă luăm o baghetă de lemn sau de sticlă și încercăm s-o îndoim, ea se va rupe la un moment dat. Ambele materiale sunt casante. O baghetă de metal, pe de altă parte, se poate modela, pentru că nucleele atomilor care formează rețeaua metalică nu sunt fixate într-un loc stabil. Ele alunecă grațios unele pe lângă altele, pe perne de nori electronici. De aceea metalele pot fi modelate cu ciocanul la fierărie, fără să se rupă.

Sunt mereu fascinată să descopăr cât de mult depind caracteristicile fizice sau biologice ale substanțelor de structura lor chimică. Este genial! Și mai tare este când poți folosi toate aceste constatări pentru a realiza singur molecule și materiale cu diverse însușiri. Cum să nu consideri asta genial? Cum să nu ți se pară genială chimia? N-am să să înțeleg niciodată.

— Oooo, nuuuu! zice Christine și privește cu tristețe spre ecranul telefonului mobil.

— Ce este? o întreb.

— Young Tesla a anulat întâlnirea. Se duce la King K.

Christine este neagră de supărare.

„Young Tesla” este un tânăr care se înscrisese pentru un doctorat sub îndrumarea ei și care se pare că seamănă cu Nikola Tesla când era tânăr. Un student foarte bun și promițător, care-i lăsase lui Christine o impresie excelentă în interviul de prezentare. Echipa de cercetare a lui Christine este mică, dar ea are mână bună la oameni. Membrii echipei sunt cercetători buni *și* oameni de echipă, o combinație pe care ea pune mare preț. Atmosfera din grup trebuie să fie constructivă și motivantă, de aceea o dată a respins o candidată foarte convingătoare profesional, dar care nu părea să se potrivească din punct de vedere uman. Young Tesla părea făcut pentru echipă, dar grupul lui Christine se află în concurență cu alte opt grupe de cercetare din institut. Cei mai mulți dintre candidați vor la King K, pentru că este directorul institutului și are cel mai mare renume. Fără îndoială că o grupă tânără

presupune un risc, pentru că nu poți ști niciodată cu certitudine cât succes va avea. Pentru că profesorii tineri, cum e Christine, sunt supuși la rândul lor unei presiuni fantastice, în general sub aripa lor ești mai protejat, dar există și riscul să muncești ca sclavul – vezi cazul Carreira. Bag mâna în foc că Tesla ăsta o să regrete curând alegerea făcută.

— Acum va trebui să asist în anii care vin cum scoate King K untul din el, spune Christine.

O iau de umeri și îi spun:

— Astăzi a fost o zi proastă, nu-i așa?

— Hmhrn.

Dino pare și el foarte afectat.

— Hai pe la mine diseară și gătesc ceva, îi spun.

Christine ezită. Probabil că nu o preocupă decât un singur gând: să muncească și mai mult, ca să ajungă mai repede un profesor de renume și să nu mai piardă oameni în competiția cu King K. Cine să mai aibă timp și de mâncare?

— Știți ce? Haideți amândoi, le spun lui Christine și lui Torben. La 19. Nu accept niciun refuz.

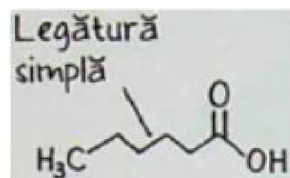
Așa pute chimia

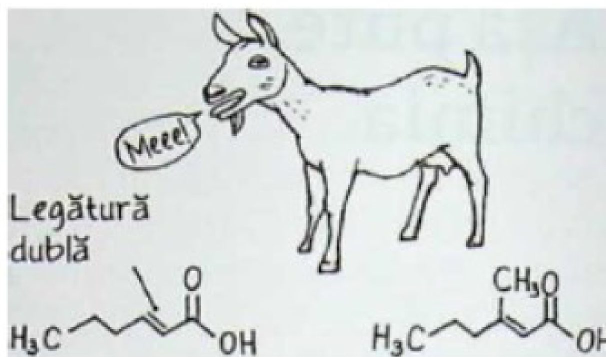


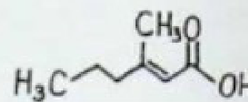
Mă dau jos cu două stații înainte, pentru că nu mai suport mirosul. La început nu mi-a venit să cred că mirosul insuportabil de transpirație provine de la bărbatul atrăgător (vizual) de lângă mine, dar la coborâre am putut identifica precis sursa mirosului greu. Tipul mirosea TMHA, acid trans-3-methyl-2-hexenoic. Este un acid înrudit cu acidul capronic, un acid gras a cărui denumire provine din latinescul *capra,* fiindcă miroase atât de puternic a capră.

Acidul capronic este un așa-numit acid gras saturat. Asta înseamnă că lanțul de carbon este format doar din legături simple, nu duble. Dacă în acidul capronic apare o legătură dublă, atunci avem un acid gras nesaturat, iar dacă mai agățăm și o grupă de metil, ne alegem cu minunata moleculă de TMHA, care este responsabilă de mirosul de transpirație pătrunzător și specific de capră.

Ce scârbos, vă gândiți probabil, și ați vrea să aflați mai multe despre acizii grași saturați și nesaturați, dar de ei ne ocupăm mai pe larg la cină. Acum putem continua să povestim liniștiți despre molecule puțitoare. Nici mie nu îmi place să le miros, dar asta nu le știrbește câtuși de puțin farmecul.







Acid capronic (acizi grași saturați)

(acizi grași nesaturați)

Acid hexanic trans-3-rnetil-â

Mirosurile sunt molecule volatile. Volatil – care se evaporă ușor. Când miros ceva neplăcut este pentru că aceste molecule se strecoară literalmente în nasul meu. În ce-l privește pe tipul din autobuz – da, o parte din transpirație a zburat de la subțiorile lui în nasul meu. Știu, adevărul nu este mereu ușor de acceptat.

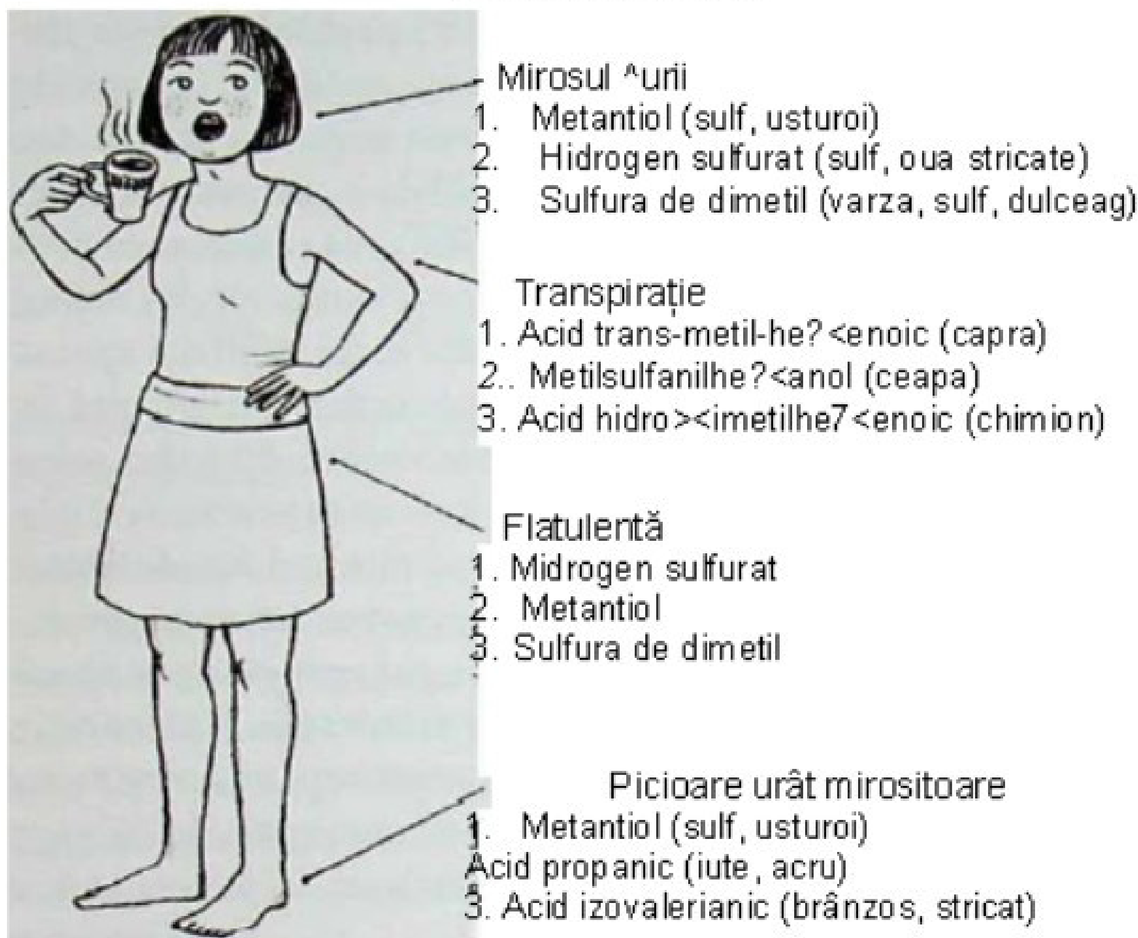
Chimia organică are legături cu mirosurile pătrunzătoare. Cele mai minunate arome și gusturi sunt molecule organice. La fel și cele mai urâte mirosuri. Chimia organică îi fascinează pe unii și îi îngrozește pe alții. Este o materie la care ai mult de învățat pe de rost. Eram acasă și mâzgăleam structuri organice, când colegul meu de apartament îmi zice: „Ce tare, cum poți tu să știi cum arată totul!” Voia să zică, ce tare că le pot observa. Fascinant este faptul că știm cum arată structurile chimice, deși nu le putem vedea. Asta este magia chimiei. Pe lângă teorie, jumătate din studiul chimiei înseamnă muncă în laborator. Chimiștii o numesc practică, iar necunoscătorii o confundă uneori cu alte lucruri. Practica în laborator este o activitate foarte interesantă, care i-a făcut pe unii studenți să își pună sub semnul întrebării nu doar alegerea obiectului de studiu, dar și sensul vieții. Da, practica în chimie este foarte palpitantă: în chimia organică activitatea principală este „gătitul”, sinteza, realizarea de molecule noi de la zero. Este un sentiment extraordinar să realizezi cu propriile mâini molecule pe care nu le poți vedea nici cu ochiul liber, nici cu cel mai bun microscop din lume. Te simți aproape ca un vrăjitor. Dar practica în chimie este și extenuantă. În

plus, vine la pachet cu un miros caracteristic. Poți lăsa orice chimistă într-o clădire necunoscută în care se practică chimia organică și va găsi laboratoarele după mirosul lor, de obicei neplăcut. Pe vremuri, când mă întorceam acasă după practică într-un autobuz plin și oamenii din jur erau obligați să-mi suporte mirosul, mă simțeam foarte stânjenită. Molecula de transpirație TMHA este și ea o moleculă organică și știm cu toții că nu este singura moleculă urât mirositoare pe care o împrăștiem noi, oamenii. În imaginea de la pagina 160, o mică selecție.

*

Înainte să vă gândiți că e „amuzant de știut" și să treceți nestingheriți mai departe, puneți-vă întrebarea de unde știm toate aceste lucruri. Credeți că componența chimică a pârțului s-a stabilit teoretic? O, nu! S-a demonstrat experimental.

Un studiu foarte interesant, pe care vreau să vi-l împărtășesc, s-a realizat în 1998, în Minneapolis. Aici cercetătorii au studiat flatulențele a 16 bărbați și femei, pentru a stabili care sunt substanțele componente urât mirositoare. La început participanții la studiu nu au avut mare lucru de făcut. Trebuiau doar să se pârțâie într-un tub. Însă într-un studiu științific nimic nu este lăsat la voia întâmplării. De aceea mâncarea participanților în seara de dinainte și în dimineața în care se efectua studiul a fost îmbogățită cu 200 de grame de fasole, precum și cu 15 grame de lactuloză, un zahăr cu efect probiotic care este descompus de bacteriile din intestin prin gaze.

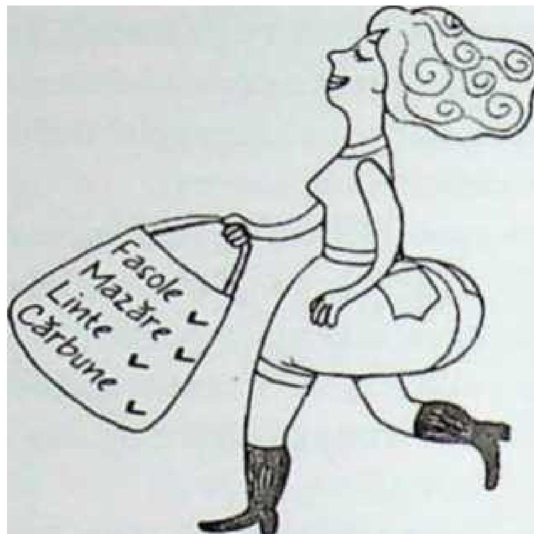


Interesantă a fost apoi analiza. Pe lângă metodele convenționale precum cromatografia de gaze, au fost aduși doi „jurați de mirosuri”, care au trebuit să evalueze cât de neplăcute erau cu adevărat mirosurile. De ce doar doi? Pentru că nu găsești ușor oameni dispuși să se sacrifice pe altarul științei. În plus, pentru o evaluare cât mai precisă ai nevoie de un nas sensibil la mirosuri. Cei doi jurați își dovediseră măiestria olfactivă în teste anterioare și demonstraseră că pot face o evaluare precisă, atât cantitativă (cât de puternic este mirosul?), cât și calitativă (cum se deosebesc mirosurile?) a putorilor. A trebuit să ordoneze diverse probe olfactive pe o scală de la 0 (inodor) la 8 (dezgustător). În plus, a fost nevoie să descrie precis mirosul fiecărui gaz în parte: Sulfuros? Putrezit? Dulceag? Un simplu „scârbos” nu este suficient de concret.

În cea mai mare parte, pârțurile sunt formate din gaze inodore precum hidrogenul, azotul și dioxidul de carbon. Dintre gazele mirositoare, cea mai mare parte o ocupă

hidrogenul sulfurat (miroase a ouă stricate), urmat de metantiol (legume putrezite) și sulfura de dimetil (dulceag, dar dulceag în mod neplăcut).

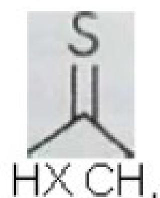
Ce faci apoi cu aceste cunoștințe? Mda, nu orice cercetare are neapărat un scop practic. Studiile se justifică chiar dacă nu răspund la întrebarea „Eu cu ce mă aleg din asta”. Scopul principal al științei este să înțeleagă lumea mai bine, iar flatulențele fac parte din viață. Dar studiul a continuat și abia acum vine partea distractivă: într-un alt experiment, cercetătorii au îmbrăcat participanții în pantaloni din material impermeabil la aer, lipiți suplimentar cu bandă izolatoare pe coapse și șolduri. Ca să se asigure că nu există nicio posibilitate ca gazul să iasă din pantaloni, participanții au fost introduși scurt în apă, așa cum faci cu cauciucurile de la bicicletă. Au fost apoi „cablați”, pentru ca gazul să se poată scurge în mod controlat și fără pierderi din pantaloni. În ei a fost băgată o pernă din spumă, a cărei suprafață era impregnată cu cărbune activ, pentru absorbția moleculelor de sulf. Așadar, nu o pernă pentru pârțuri, ci una antipârțuri! Cercetătorii au testat astfel câte molecule puturoase puteau fi neutralizate de instalația cu cărbune activ în pantaloni și cât de mult se reducea mirosul. Au existat și perne placebo, în care cărbunele activ era sigilat sub un strat de plastic impermeabil la aer. S-a supravegheat și corectitudinea metodelor de cercetare.



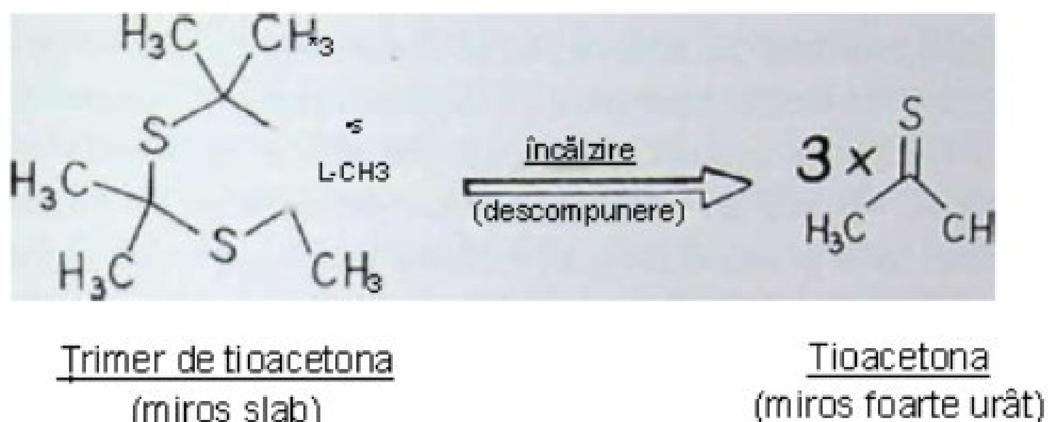
Care a fost rezultatul? Din pantalonii cu pernă de

cărbune activ au ieșit mai puține gaze. Perna antiflatulență a absorbit peste 90% din gazele sulfuroase. Să nu uităm să menționăm totuși, pentru că asta mi se pare cel mai caraghios, că perna măsura 43,5 x 38 x 2,5 cm, cam cât o pernă mare de dormit! Dacă utilitatea se reduce la o pernă supradimensionată în pantaloni, nu este de mirare că un astfel de produs nu a fost lansat încă pe piață. Dar așa este cercetarea. Între rezultatele unor studii de succes și utilitatea lor practică este o mare distanță.

Din fericire, „cea mai puturoasă moleculă din lume” nu există în natură. Mica moleculă poartă numele de tioacetonă și pare absolut inofensivă:



Tioacetonă nu este ușor de obținut în această formă. Se poate obține un așa-numit trimer, care se compune în principiu din trei molecule de tioacetonă și care se grupează într-o structură ciclică. Dacă încălzim trimerul, acesta se descompune și poate elibera tioacetonă.



Dar vrem să facem asta? Primii chimiști care au realizat acest experiment proveneau din Freiburg. Ei și-au descris astfel cercetările de la 1889:

Odată ce produsul de reacție proaspăt preparat [...] a fost distilat prin răcire atentă cu aburi, mirosul s-a răspândit în scurt timp pe distanțe de 3-4 kilometri, ajungând în părțile cele mai îndepărtate ale orașului. Locuitorii de pe străzile învecinate s-au plâns că substanța mirositoare ar fi cauzat la unele persoane stări de leșin, rău și vărsături.

Cum îi recunoaștem pe adevărații oameni de știință? Nici măcar cea mai groaznică putoare nu le stăvilește curiozitatea. Abia „un *val de plângeri"* i-a determinat să-și abandoneze experimentele. La început nici măcar nu s-au gândit la o utilitate precisă a moleculei puturoase (poate ca armă?). Era doar o moleculă care era foarte greu de izolat – iar acesta era un motiv suficient pentru a încerca! Știința înseamnă să forțezi limitele posibilului.

Chimiștii din Freiburg sunt dovada timpurie că chimiștii organici sunt cei mai trăsniți dintre chimiști. Cel puțin eu asta cred. Deseori ei sunt cei care muncesc cel mai mult. Tata este de meserie chimist organic, chiar dacă ulterior a schimbat domeniul de activitate și s-a dedicat chimiei polimerilor. Din fericire, lucrarea sa de diplomă s-a concentrat pe substanțe bine mirositoare, printre altele pe aroma pâinii proaspăt scoase din cuptor. Mama povestește cu plăcere cum venea tata acasă mirosind a pâine proaspătă. Soțul meu este și el chimist organic, dar când și-a scris lucrarea de doctorat nu am avut parte de aceeași experiență plăcută. Biroul lui Matthias se afla direct în laborator. Și la mine a fost la fel, Iar exact din acest motiv eu mi-am ales lucrarea de doctorat într-un domeniu de cercetare cât mai puțin toxic. În schimb, Matthias stătea toată ziua într-un laborator cu alți cinci chimiști și experimentau de zor cu substanțe otrăvitoare, inhalându-le aburii. Este adevărat că în laborator lucrezi sub o hotă mare și eficientă, iar o aparatură bună limitează contactul cu chimicalele. Cu toate acestea, tot ești expus. Acasă aveam o cutie separată în care Matthias își punea îmbrăcămintea murdară din laborator. După muncă nu mă atingeam de el până nu-și dădea jos hainele și nu făcea duș. Aproape în

fiecare zi Matthias apărea acasă mirosind a chimie organică. Dacă eu simțeam mirosurile acasă, ce inspira Matthias toată ziua? Am fost foarte supărată – pe șeful lui, pe întregul Institut de Chimie Organică, pe toată universitatea. Cum se poate ca într-o țară ca Germania să nu li se pună la dispoziție doctoranzilor în chimie birouri separate de laboratoare?

În natură mirosurile urâte sunt un indiciu că trebuie s-o iei din loc. Mirosurile corporale ni se par respingătoare și ne ținem departe de ele, pentru că pot ascunde boli. Dar nu tot ce pute este dăunător, cum nu tot ce este dăunător pute. Ar fi practic, dar substanțele dăunătoare nu sar întotdeauna în ochi.

Când am început să studiez chimia, aveam un respect uriaș pentru acizi. Unul dintre primele experimente pe care trebuie să le faci este o titrare acido-bazică, în care jonglezi cu acid clorhidric. Ne era tuturor îngrozitor de frică să nu ne ardem. Mai târziu te obișnuiești și devii tot mai sigur pe tine și mai îndemânatic. La un moment dat devii recunoscător acizilor. Dacă este să ajungă pe piele, măcar îți dai imediat seama și poți lua măsuri. Cele mai diabolice chimicale sunt cele la care nu observi nimic, dar care peste ani pot cauza cancer.

Unul dintre cele mai impresionante experimente de laborator, care trebuia să ne învețe în primul an să lucrăm curat, era sinteza unui colorant numit violet de gențiană. Foarte drăguț, la final te alegi cu cristale în formă de ace de culoare aurie, cu luciri metalice. Înțelegi ce înseamnă numele abia după ce dizolvi cristalele în apă sau în alți solvenți polari. Cantități infime sunt suficiente pentru a obține o culoare albastru-violet intensă. Învățămintele le tragi nu din realizarea colorantului, ci din curățarea instrumentarului de laborator. Am frecat și am frecat și totul devenea și mai violet. Așa descoperi cât de multă substanță poți împrăștia pe hotă sau pe halat. Pentru că am făcut experimentul la începutul studiului, când nu eram foarte îndemânatici, mizeria violetă a fost foarte mare.

Chiar și după câteva săptămâni câte un colt sau altul al hotei se albăstrea brusc. Ulterior, de fiecare dată când am lucrat cu substanțe toxice, dar incolore, mi-am adus aminte de aceasta.

Totuși, mi-e dor un pic de laborator. Când trec pe la Christine, mă cuprinde repede nostalgia. O enervez de fiecare dată și-mi spune să nu mai romanțez lucrurile. Dar când mă plimb în sandale sub lumina soarelui nu pot să nu mă bucur că nu mai lucrez acolo. Nu aveam aproape niciodată vacantă, pentru că în perioada în care nu aveam cursuri aveam de cele mai multe ori practică în laborator. În timpul doctoratului am avut oricum prea puțin timp liber. Timp de nouă ani mi-am petrecut aproape fiecare vară în laborator, adică în pantaloni lungi, cu pantofi închiși la vârf și în halat. Uneori era atât de cald, că mi se prelingea transpirația pe ochelarii de protecție. Nu regret aceste momente.

De fapt, oamenii sunt făcuți pentru temperaturi crescute, având în vedere că putem transpira atât de mult. Dincolo de moleculele urât mirositoare, transpirația este compusă în mare parte din apă, iar această apă se poate evapora. Schimbarea stării de agregare nu se întâmplă de la sine: moleculele de apă, care se atrag și se susțin reciproc în forma lor lichidă, trebuie despărțite. Pentru aceasta este nevoie de energie, de exemplu de căldură. Când transpirația tinde să se evapore, ea își ia energia din corpul cald. Luându-și din corp energia necesară evaporării, acesta se răcește.

Din acest punct de vedere nu este deloc înțelept să folosim antitranspirante. Nu mă înțelegeți greșit, sunt fan deodorante – nu îmi place să fiu obligată să mă dau jos mai devreme din autobuz, doar pentru că o persoană nu reușește să-și controloze acidul hexanic trans-3-metil- 2. Dar deodorantele și antitranspirantele sunt două lucruri diferite.

Deodorantele luptă doar împotriva mirosurilor. Ele conțin substanțe antibacteriene, cum ar fi alcoolul. Transpirația în sine nu miroase. Acidul hexanic trans-3-metil-2 & co, sunt doar produse metabolice ale bacteriilor. Din nou aceste bacterii! Dacă vrem, putem privi oamenii ca pe ecosisteme umblătoare pentru bacterii. De fapt aceste unicelulare mici domină planeta, în mod foarte isteț, strecurându-se neobservate la subțiorile noastre. Când transpirația noastră inodoră iese din pori, este înghițită imediat de bacterii, care emană apoi diverse molecule urât mirositoare. Substanțele antibacteriene le fac viața grea bacteriilor și împreună cu un pic de parfum deodorantele se asigură că orice călătorie cu autobuzul este o plăcere pentru toți călătorii.

În schimb, antitranspirantele conțin în plus săruri de aluminiu, care precipită proteinele de la subțiorile noastre. Asta înseamnă că sărurile de aluminiu formează mici cheaguri care ne astupă porii, astfel încât transpirația să nu mai poată ieși din ei. Nu mi se pare cea mai elegantă metodă. Imaginați-vă cum arată porii astupați. Nu este un lucru foarte plăcut, nu credeți?

Oricum, în zilele noastre sărurile de aluminiu sunt foarte temute, pentru că unii cred că pot cauza cancer de sân sau Alzheimer. Nimic dovedit deocamdată, dar dincolo de faptul că nu există dovezi științifice solide, tot nu mă pot obișnui cu gândul că îmi astup de bună voie porii. Cu toate acestea, folosesc regulat antitranspirante, pentru că petele de transpirație de la subraț sunt jenante. În acest context, nu mă pot opri să nu întreb: oameni buni, de ce nu putem accepta pur și simplu petele de traspirație?

În fața mea, un câine cu limba scoasă a ieșit la plimbare. Bietul de el, nici măcar nu are pori de transpirație. Gândul îmi zboară la canguri. Aceștia îndură canicula din deșertul australian lingându-și blana. Saliva se evaporă și răcește corpul. Câinii și cangurii ar râde de noi dacă ar afla că ne astupăm de bunăvoie porii de transpirație.

Prietenul meu fizician Hannes poartă mereu vara

îmbrăcăminte funcțională, pentru ca transpirația să se poată evapora mai ușor. Pare o decizie înțeleaptă, dar foarte egoistă, care vine din abordarea exclusiv fizică a problemei. Fibrele de poliester susțin înmulțirea bacteriei *Micrococcus,* similară bacteriilor de la subțiorile noastre. De aceea îmbrăcămintea de sport duhnește atât de groaznic.

De fapt, ar trebui inventat un deodorant de nas. Când mă dau jos din autobuz pentru că nu mai suport mirosul de transpirație este problema mea, nu a domnului care miroase urât. De aceea ar trebui să ne putem pune ceva în nas care să transforme mirosurile grele în mirosuri plăcute. Atunci vara toți s-ar putea răcori transpirând și nimeni nu ar fi agresat olfactiv.

În principiu, o astfel de tehnologie este posibilă. În odorizantele de cameră se folosesc așa-numite ciclodextrine. Acestea sunt molecule-cușcă, ce pot literalmente să prindă mirosurile urâte. În mod excepțional, reclamele de la televizor chiar ilustrează în acest caz realitatea.

Câteva ciclodextrine în nări ar putea prinde mirosurile. Partea proastă este că ar bloca și mirosurile plăcute și ar fi păcat.

Mai ales pentru mâncare mirosul este esențial. Experiența gustului nu vine doar de la mâncarea care atinge pe limbă papilele gustative, ci și de la moleculele volatile de arome care plutesc dinspre mâncare spre nasul nostru. Un măr și o ceapă sunt uluitor de asemănătoare la gust dacă îți ții respirația.

Apropo de mâncare, i-am invitat la masă pe Christine și pe Dino, dar îmi lipsește ciocolata pentru un desert adevărat. Veniți cu mine la supermarket?

Este ceva în apă



La ce vă gândiți când auziți cuvântul „chimist”? Una dintre primele mele imagini cu un chimist este cea a tatălui meu în supermarket. Stă în magazin cu un produs în mână și citește lista de ingrediente. Își poate petrece așa foarte mult timp. Tata este un șoarece de supermarket. Când eram copil, mă gândeam mereu cât de extraordinar trebuie să fie să înțelegi lumea atât de bine, încât s-o citești ca pe o carte.

Nu sunt chiar ca tata, dar când mă duc la cumpărături, țin ochii deschiși și sunt atentă mai ales la trucurile de marketing care speculează cu nerușinare neștiința unora într-ale chimiei. La supermarket intru mai întâi în raionul de băuturi. Îmi sare în ochi un raft cu *Smart Water, o* marcă de apă minerală a casei Coca-Cola, care mă scotea din sărite încă de pe vremea când locuiam în SUA. Acum trendul a ajuns și în Germania. *Smart Water* nu este o apă minerală obișnuită, ci apă distilată (adică H_2O pur) îmbogățită cu minerale. La final, rezultatul este similar cu toate celelalte ape minerale din supermarket sau cu apa de acasă, de la robinet, doar că efortul de producție este inutil de mare. Nu pot decât să-i felicit pe producători că reușesc să vândă cu atâta succes ceva aparent neatrăgător precum apa distilată folosită la călcat. *Inspired by clouds* – apa norilor, vaaai, ce frumos.

Au dreptate. O distilare se produce conform principiului norilor: întâi apa se evaporă, apoi condensează într-un loc

mai răcoros. La *Smart Water* acest loc nu este în cer. În practică, condensarea este accelerată într-un mod puțin romantic, printr-un răcitor, astfel că, imediat după evaporare, apa curge din nou într-un recipient colector.

Este o apă foarte curată, pentru că prin evaporare se purifică și se condensează pe cealaltă parte ca H_2O pur. Sună convingător, cine nu își dorește să bea apă pură? Dar și apa noastră de la robinet este preparată și purificată înainte să ajungă în consum. În plus, odată cu distilarea, apa pierde ceva important: mineralele, adică sărurile. Ele trebuie adăugate în apa distilată ca s-o transforme în apă minerală cu gust bun. Apa distilată nu este periculoasă, atât timp cât te hrănești normal, așa cum se spune uneori, doar că nu are niciun gust. Un efort inutil, după cum ușor puteți observa. S-ar putea spune că prin această metodă complicată de producere se poate controla exact ce săruri ajung în apă. Este adevărat, dar nu știu de ce ar fi relevant pentru adulții sănătoși. Oricum cele mai multe minerale le asimilăm prin mâncare.

Așadar, *Smart Water* este în primul rând o risipă de resurse fără sens sau un marketing foarte inteligent, în funcție de cum vrei s-o privești. Și mai rău: se pare că pentru producție se folosește apă de izvor, deci apă potabilă*perfectly fine,* cum ar spune americanul. Apa de izvor este plină de minerale și filtrată prin straturi de roci – nici pe departe „cloud water”.

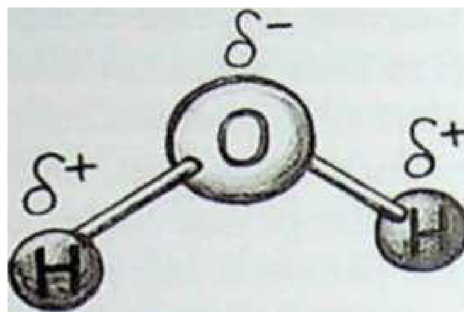
Iar această idioțenie este promovată apoi ca *Unique Selling Point. Unique,* fără îndoială.

Creativitatea în materie de apă de băut pare să aibă resurse inepuizabile. Pe internet se poate cumpăra „apă de lună”, îmbuteliată în nopți cu lună plină. O sticlă costă cât o sticlă de vin la supermarket, dar pentru asta conține multă energie lunară. Firește că există și apă solară, îmbuteliată sub razele soarelui. Pentru bioenergii mai calde, solare, se înțelege. Există pietre prețioase pe care le poți pune în apă. Dar dorința de apă de calitate superioară nu se reduce la ezoterism. Câte filtre nu se cumpără care ar trebui să

transforme apa normală de băut de acasă în apă plată? Asta în condițiile în care criteriile de calitate pentru apa potabilă de la robinet din Germania sunt mai drastice decât pentru apa minerală din supermarket. Ape minerale de mărci scumpe din raionul de băuturi nu pot ține pasul cu apa de la robinet, o confirmă și testul de calitate de la Stiftung Warentest. Cine își cumpără apa plată de la supermarket pentru că are o marcă preferată care îi place mai mult la gust, nu are decât să se bucure de acest lux. Dar dincolo de gustul propriu, în Germania există rareori motive pentru care să nu bei apă de la robinet.

Mi se pare interesant cum oamenii își fac atâtea griji când vine vorba de apă, fără să fie cu adevărat conștienți de adevărata fascinație a acestei substanțe. Apa nu are nevoie nici de lumina lunii pline, nici de pietre scumpe, ca să devină o moleculă magică. De aceea mi-aș dori să vă împărtășesc mai multe despre apă. Vreau să celebrăm cu adevărat această moleculă genială, căreia îi datorăm atâtea.

În *Capitolul 8* am numit legătura din molecula de apă polar covalentă. Atomul de oxigen are o sarcină parțială negativă, atomii de apă, o sarcină parțială pozitivă. În plus, molecula de apă are structură unghiulară. În consecință, se formează un așa-numit dipol cu un pol pozitiv și unul negativ.



Dipolaritate în molecula de *apă*

Cum sarcinile negative și pozitive se atrag reciproc, se ajunge la o particularitate importantă a moleculei de apă:

între atomii din moleculă nu există doar legături chimice, ci și interacțiuni destul de puternice între diferitele molecule de apă. Forța de atracție dintre sarcinile parțiale pozitive și cele negative nu este la fel de puternică precum în legătura ionică, dar destul de puternică încât să poată purta denumirea de „legătură”, respectiv legătura sau puntea de hidrogen.

Punțile de hidrogen nu sunt specifice doar apei. Ele pot apărea ori de câte ori hidrogenul se leagă covalent de un partener electronegativ. În apă, punțile de hidrogen pot fi observate cel mai bine.

Fără punți de hidrogen noi nu am exista. Nu ar exista viață pe pământ. Fără punți de hidrogen, la presiunea și temperatura de pe această planetă, apa nu ar fi lichidă, ci gazoasă. Observăm asta la moleculele la fel de mari sau mici ca apa, care nu pot forma punți de hidrogen, de exemplu metanul, CH_4, sau dioxidul de carbon, CO_2: amândouă sunt gaze în condițiile de pe Terra.

Punților de hidrogen trebuie să le mulțumim că, la presiunea atmosferică normală, apa se evaporă și devine gazoasă abia la 100°C. Cu ajutorul lor, moleculele de apă se leagă între ele.

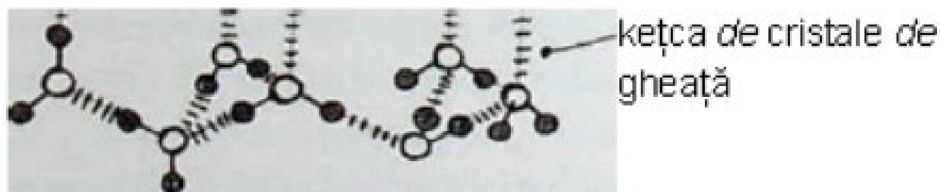
Peștii sunt și ei îndatorați legăturilor de hidrogen, deoarece lacurile și iazurile nu îngheață complet nici în iernile cele mai aspre. Aceasta are de-a face cu densitatea. Așa cum știm cu toții, gheața plutește pe apă. Și deși observăm regulat fenomenul, de exemplu, când ne uităm la un cub de gheață din băutura noastră, nu ne punem prea multe întrebări.

Să revenim încă o dată la modelul particulelor din *Capitolul* 1. Stările de agregare solid, lichid și gazos se definesc prin densitatea particulelor. Într-un obiect solid, particulele stau strâns legate unele de celelalte, într-un lichid au mai multă libertate de mișcare și sunt mai puțin dense, în vreme ce într-un gaz densitatea este cea mai redusă. De aceea stările de agregare se pot modifica prin presiune sau temperatură. Dacă creștem presiunea,

particulele sunt condensate unele în altele, iar densitatea crește. Astfel, prin presiune, gazul se transformă în lichid și ulterior în solid. Dacă temperatura scade, mișcarea particulelor se reduce, particulele au nevoie de mai puțin loc și din nou densitatea crește. Astfel, prin răcire, aburii de apă se transformă în lichid și apoi în gheață.

Dar – stați puțin! Dacă gheața (H_2O solid) plutește în apă (H_2O lichid), înseamnă că densitatea gheții este mai mică decât a apei – un lucru nemaiauzit! Cum se poate ca lichidul să fie mai dens decât solidul? Ați ghicit deja: din cauza punților de hidrogen. Această curiozitate se mai numește și anomalia densității apei. Dacă răcim apa, la început ea se va comporta normal: densitatea va crește odată cu temperatura care scade, așa cum este normal. Particulele încetinesc, iar punțile de hidrogen se pot forma tot mai bine și pot atrage tot mai multe particule. Dar la 4°C apa își atinge densitatea maximă. Apoi se întâmplă lucruri ciudate: dacă continuăm să răcim până la 0°C, densitatea începe să scadă, adică moleculele de apă se tot îndepărtează unele de altele.

De ce fac asta? Pentru că mișcarea particulelor se încetinește atât de tare, încât abia acum moleculele de apă au timp să se aranjeze ordonat: încep să se ordoneze simetric până formează o rețea de cristale de gheată. Această structură ordonată se poate observa chiar și cu ochiul liber la fulgii de zăpadă sau la cristalele de gheață. Modelul simetric al unui fulg este rezultatul ordonării simetrice a atomilor din interior. În cristalul de gheață, fiecare atom de oxigen este înconjurat de patru atomi de hidrogen. De doi este legat covalent, de ceilalți doi printr-o punte de hidrogen. Această structură sub formă de grilaj are spații goale mari și, de aceea, o densitate scăzută.



Punți de hidrogen

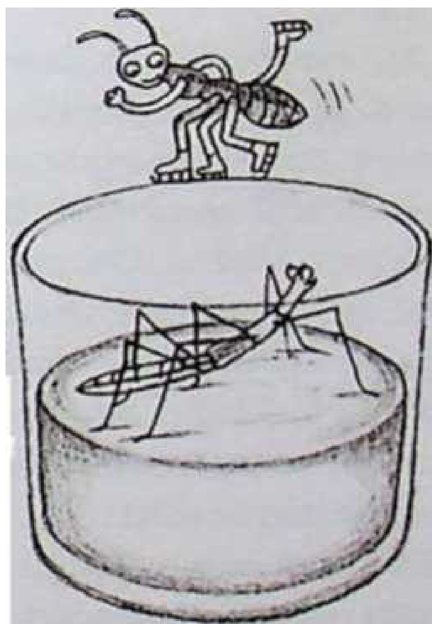
De ce este important acest aspect pentru peștii din lac?

Când apa se răcește iarna, ea se lasă la fund, deoarece cu cât este mai rece, cu atât este mai densă (în mod colocvial spunem că este „mai grea”). Cum la 4°C densitatea este maximă, apa de la fund are o temperatură de 4°C, mai sus temperatura scade treptat. La un moment dat, suprafața lacului începe să înghețe – de sus în jos. Dacă nu ar exista anomalia densității apei, atunci gheața ar fi mai grea decât apa, iar lacul ar îngheța de jos în sus. Dacă gheața s-ar ridica de jos, iar de sus s-ar adăuga aer rece de iarnă, probabil că lacul ar îngheța complet mult mai des. Pentru că lacurile îngheață de sus în jos, stratul de gheață acționează asemenea unui izolator pentru straturile de apă de mai jos, iar peștii au iarna apă curgătoare în care să poată înota. Și respira.

Și oamenii se bucură iarna de anomalia densității apei, pentru că fără ea nu am prea reuși să patinăm. Patinajul este o curiozitate absolută, dacă stai să te gândești bine. De ce nu funcționează decât pe gheață? De ce nu putem patina pe orice suprafață solidă, de exemplu pe asfalt? Pentru că în cazul gheții nici măcar nu atingem suprafața solidă! Alunecăm pe un strat subțire de apă, care se formează în momentul în care punem presiune pe gheață. La alte substanțe ar trebui să scădem presiunea pentru a înlesni schimbul de stare de agregare de la solid la lichid.

Dar anomalia apei face posibil acest lucru. Presiunea crescută comprimă particulele. Ca să se apropie unele de altele, particulele renunță la rețeaua laxă de cristale de gheață și formează un strat lichid pe care alunecăm cu ușurință. O furnică cu minipatine nu ar putea patina, pentru că ar fi prea ușoară și nu ar putea pune suficientă presiune pentru a forma stratul necesar de apă. În cazul ei, ar fi ca și

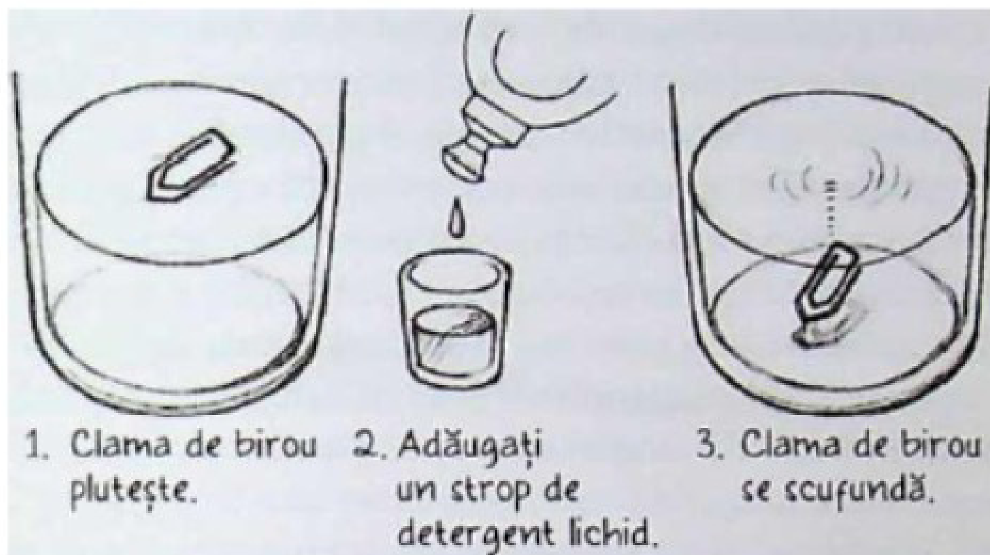
cum ar patina pe asfalt.



Există însă și insecte care pot aluneca pe apă. Așa-numitul păianjen de apă a fost denumit astfel datorită înzestrării sale. Și asta este posibil tot datorită punților de hidrogen. Datorită legăturilor dintre molecule, apa curgătoare are o tensiune superficială destul de ridicată, despre care am mai vorbit și în *Capitolul* 3. E ca la buștenii de lemn care doar prin legare pot forma o plută. Dacă fiecare moleculă de apă ar exista doar pentru sine, păianjenul de apă s-ar îneca imediat. Dar pentru că moleculele se susțin prin punțile de hidrogen (formează un fel de plută), se formează o rețea fină care susține insecta.

Puteți testa asta acasă cu o clamă de birou. Dacă punem clama cu grijă pe suprafața apei, ea va pluti, deși este din metal și are o densitate mai mare decât apa („este mai grea”, cum am spune). Clama de birou nu ar trebui să plutească, dar tensiunea superficială a apei o ține la suprafață. Dacă scădem tensiunea adăugând câțiva stropi de detergent lichid în apă și cu ei niște tenside, „pluta se înmoaie” și clama de birou se scufundă.

De încercat acasă – experimentul nr. 3



Apa este în primul rând un solvent important. Substanțele esențiale precum sărurile sau nutrienții se dizolvă în apă. Chiar și omul se compune în mare parte din apă și cele mai multe reacții metabolice din corp se întâmplă în soluții apoase. Rinichii noștri, filtrul de deșeuri din corp, curăță cu ajutorul apei resturile și le elimină sub formă de urină. Când nu folosește ca mijloc de transport sau ca solvent, apa este utilizată ca partener activ de reacție chimică și transformată în alte substanțe. Despre rolul ei ca lichid de răcire sub forma transpirației am discutat deja în *Capitolul 9.*

Dar toate aceste detalii nu par să fie de ajuns de fascinante pentru oameni. Nu departe de *Smart Water* descopăr un raft cu apă cu oxigen – apă minerală îmbogățită cu oxigen suplimentar. Pare recomandată în special celor activi și sportivi. Un lucru inteligent la prima vedere, pentru că un rol important în performanța noastră sportivă îl deține concentrația de oxigen din sânge. De aceea epo (forma prescurtată a eritropoietinei) este substanța de dopaj favorită pentru sportivii de performanță. Ea crește numărul celulelor roșii din organism. Cu cât mai multe eritrocite, cu atât mai mult oxigen poate fi transportat de sânge către mușchi. Să fie oare apa cu oxigen o metodă de dopaj legal?

Spre norocul (sau ghinionul) nostru, nu. În primul rând,

și dacă am inspira oxigen pur, tot nu am putea crește concentrația de oxigen cu mai mult de 5% sau 10%, pentru că sângele nu poate absorbi mai mult oxigen (și atunci, vezi Doamne, ar trebui să luăm epo). În plus, nu este indicat să inspirăm oxigen pur, pentru că după una sau două ore asta ar fi periculos. Oxigenul conține un radical reactiv mic, dar neplăcut, care poate ataca plămânii. În concluzie, este mai bine să bem oxigen dizolvat?

Ajungem la a doua problemă: și anume că oxigenul nu se dizolvă atât de bine în apă. Presiunea este cea care reglează capacitatea unui gaz de a se dizolva în apă. Sub presiune mare, gazul se dizolvă mai bine, de aceea apele carbogazoase sunt îmbuteliate astfel. În acest mod producătorii se asigură că în apă se dizolvă cât mai mult CO_2. Observăm asta când desfacem prima oară sticla: presiunea scade brusc și din sticlă se emană CO_2. Același lucru se întâmplă și cu oxigenul din apă, doar că oxigenul se dizolvă mai greu decât CO_2 Din această cauză, când inspirăm o gură de aer proaspăt, preluăm aceeași cantitate de oxigen ca atunci când bem un litru de apă îmbogățită cu oxigen.

Nu în ultimul rând, ne confruntăm cu problema că sistemul nostru digestiv nu este făcut pentru schimbul de gaze. Este mult mai bine să asigurăm alimentarea cu oxigen prin plămâni, care sunt făcuți în acest scop. Când inspirăm oxigen, gazul din plămânii noștri ajunge în sânge. Nu putem spune același lucru despre stomac sau intestine. Gazele pe care le preluăm din băuturi ajung doar într-o cantitate infimă în sânge, restul sunt râgâite fără eleganță. Cine vrea să-și îmbogățească râgâielile cu oxigen, aceluia îi recomand cu încredere această apă-minune.

Întreaga poveste a fost demonstrată științific. S-a investigat dacă apa cu oxigen duce la o creștere măsurabilă a performanței. Nu au fost găsite dovezi pentru un astfel de efect. Cu toate acestea, efectul placebo nu este de ignorat. Simpla convingere că apa îți îmbunătățește performanța sportivă te poate face un sportiv mai bun. Acum, că v-am spus toate astea, efectul placebo nu mai

funcționează la voi. În schimb, puteți economisi banii pe care i-ați aruncat până acum pe ape bizare, care nu sunt altceva decât produse de marketing.

Miturile despre apă sunt diverse. Continuă să persiste teama că apa cu dioxid de carbon este nocivă. Dioxidul de carbon este un acid. În vreme ce la apa plată nivelul pH-ului este de 7, la apa carbogazoasă nivelul scade până la 5. Asta are un ușor efect antibacterian, ne aducem aminte de conservantii acizi din *Capitolul* 7. La o valoare acidă a pH-ului, microorganismele se înmulțesc mai greu. Dar la un nivel al pH-ului de 5, sistemul nostru digestiv nu are o problemă, pentru că noi consumăm zilnic alimente acide. Fructele, cafeaua, ciocolata sau produsele din lapte conțin acizi. Cel mai târziu, în stomac, alimentele dau peste acidul gastric, care are o valoare a pH-ului de 1 și este atât de acid, încât nu se lasă impresionat de cea mai carbogazoasă dintre băuturi. În acest context, chiar nu contează dacă apa noastră de băut este puțin mai acidă. Este mai ales cazul acidului carbonic, pentru că, odată ce dioxidul de carbon a fost eliminat – printr-un râgâit decent, după un pahar de apă minerală carbogazoasă –, acidul a și dispărut. Acidul carbonic nu este altceva decât dioxid de carbon dizolvat în apă.

În 2017, cercetătorii palestinieni au făcut vâlvă când au afirmat că acidul carbonic, respectiv apa minerală carbogazoasă, stimulează senzația de foame. Prin presiunea din stomac s-ar activa hormonul foamei, grelina. Vestea a lovit din plin în Germania, țara apei minerale carbogazoase. Pe mine studiul nu m-a convins. În primul rând a fost un studiu realizat doar pe șoareci, în plus apetitul nu este reglat doar de grelină, ci și de alți hormoni și factori. Este un prim indiciu interesant, dar departe de dovada că apa carbogazoasă ar crește apetitul.

Totuși, pentru unii, apa plată poate fi alternativa corectă. Apa carbogazoasă este atât de răcoritoare nu doar datorită gustului acidulat și efervescent, ci și bulelor de CO2 care ni se rostogolesc pe gât. Gazul stimulează

stomacul. Este recomandat ca oamenii care suferă de aciditate, balonări sau probleme digestive să nu adauge în stomac și mai multe gaze.

În cele din urmă, putem afirma că, indiferent dacă apa este plată sau carbogazoasă, este important să ne placă și să bem suficient de multă. Dacă apa lunară energetică ajută o persoană să bea mai puțină Cola, atunci fie. Singurul care are de suferit este portofelul propriu. Așa cum am mai spus, nu pot decât să vă recomand cu căldură apa de la robinet.

Asta beau și eu acasă, în Germania.

*

Părăsesc raionul de băuturi și mă îndrept spre raionul de dulciuri. Visul oricărui muritor. Nu mi-aș dori să renunț la ele și prefer să mănânc cu inima împăcată ciocolată, decât să beau Cola. Băuturile dulci sunt atât de păcătoase pentru că nu conțin decât „calorii goale”. Nu faci decât să asimilezi calorii, fără nici o altă substanță nutritivă și fără să te simți sătul. Probabil că cele mai periculoase sunt smoothie-urile deja preparate, pe care le găsești mai nou în orice supermarket. Le bei cu sentimentul că faci un lucru bun și, din acest motiv, ești chiar tentat să exagerezi uneori. Dar cele mai multe conțin la fel de mult zahăr ca o Cola, unele chiar mai mult. La următoarea vizită la supermarket aruncați un ochi pe lista de ingrediente. Valoarea de referință este Cola cu aproape unsprezece grame de zahăr la 100 ml.

Smoothie-urile dau senzația că sunt sănătoase, pentru că au „100% fructe”. Din păcate, nu sunt același lucru ca fructele adevărate. Ca să le putem înghiți ușor, în aceste băuturi nu se adaugă coaja fructului și se suplimentează cu sucuri. Cantitatea de zahăr este mai mare în comparație cu fructul normal, care are o mulțime de fibre. Smoothie-urile gata preparate pot fi consumate fără probleme în cantități mari. Nu ai putea mânca aceeași cantitate de fructe, pentru că te-ai sătura mult mai repede.

Un lucru este deosebit de interesant: știința spune că

suntem mult mai puțin satisfăcuți când bem fructele, chiar și cele pasate acasă, decât când le mâncăm. Consistența mâncării are efect asupra senzației de sațietate, iar hrana lichidă te satură mai greu decât cea solidă. De aceea, cu inima împăcată, pun în coș trei tablete de ciocolată solidă și mă îndrept spre casă.

Terapie în bucătărie

Sună la usă și tresar. Nu-mi aduc aminte să fi comandat ceva.

Pe Christine și pe Dino îi aștept abia peste o oră. Poate și mai târziu. Christine are obiceiul să întârzie la întâlnirile între prieteni. Pentru câteva secunde înghet parcă de frică, până îmi aduc aminte că sunt un om în toată firea și mă îndrept spre ușă.

Această fobie la sunat o am din studenție. Primul coleg de cameră mi-a dat un sfat esențial pentru supraviețuire: să nu deschizi niciodată – dar NICIODATĂ – ușa! Prietenii nu veneau niciodată neanunțați, iar cu vecinii nu socializam. Pe vremea aceea, Amazon and co. Nu se inventaseră încă. Sunatul din senin la ușă nu putea însemna decât ceva rău, martorii lui Iehova sau, și mai rău, tipii cu taxa radio-TV. Dacă aș fi știut pe atunci că voi ajunge să lucrez la radiodifuziunea publică…

Deschid ușa și, spre marea mea uimire, dau nas în nas cu Christine.

— Mi-a pierit cheful de muncă pe ziua de azi, îmi spune.

— Terapie în bucătărie? o întreb eu.

— Terapie în bucătărie, exclamă Christine și ridică mâinile în aer.

Pe vremuri, când lucrările de doctorat ne dădeau bătăi de cap și frustrări, iar aceasta se întâmpla des, mă întâlneam cu Christine la mine și găteam câte un meniu de

trei feluri, care să ne ajute să mai uităm de supărări. Terapie în bucătărie, ce mai. A trecut ceva vreme de când am gătit împreună ultima oară și mă bucur atât de tare încât încep prin a-i turna lui Christine un pahar de vin. Avem de sărbătorit.

— Unde este Dino? întreb eu.

— Vine și el, mai avea de așteptat după o reacție.

Christine ia o înghițitură și se vede că se simte vinovată că Dino încă mai muncește, în timp ce ea își savurează deja vinul. Asta deși este prima seară din ultima lună, în care a plecat din laborator înainte de ora 20. Cercetarea presupune o toleranță crescută la frustrare. Uneori lucrezi săptămâni, chiar luni întregi, ca să validezi o anumită ipoteză, doar ca să descoperi într-o zi, printr-un experiment minuscul, că întreaga teorie este numai bună de aruncat la gunoi, odată cu toată munca ta. Datele pot fi foarte crude. Cu toții greșim și ne dăm seama de aceasta, dar este foarte umilitor să-ți privești eșecul în ochi, sub forma unor cifre și măsurători. (îmi place să mă amăgesc că este un proces care formează adevăratele caractere. Din păcate, oamenii precum King K îmi demonstrează contrariul.) în plus, cercetările sunt frustrant de lungi, iar pentru asta ai nevoie de un amestec dificil de răbdare și determinare. Pot să treacă ani până să ajungi să observi un progres notabil, indiferent cât efort depui, cât de inteligent ești sau câtă inimă rea îți faci. Din această cauză, gătitul ne satisface atât pe mine, cât și pe Christine: este un proces similar cu munca în laborator, doar că ajungi repede la rezultatul final. Și, pe deasupra, îl poți și mânca. Mai bine nici că se poate.

*

— Care-i planul? mă întreabă Christine.

— Fondant au chocolat la desert, în rest sunt deschisă la propuneri. Uită-te și tu în frigider.

De cele mai multe ori nu avem o rețetă, iar aceasta ne place la nebunie. În vreme ce în laborator totul trebuie să fie calculat la microgram, în bucătărie poți face totul după ochi și îți mai și reușește. De cele mai multe ori. Pentru

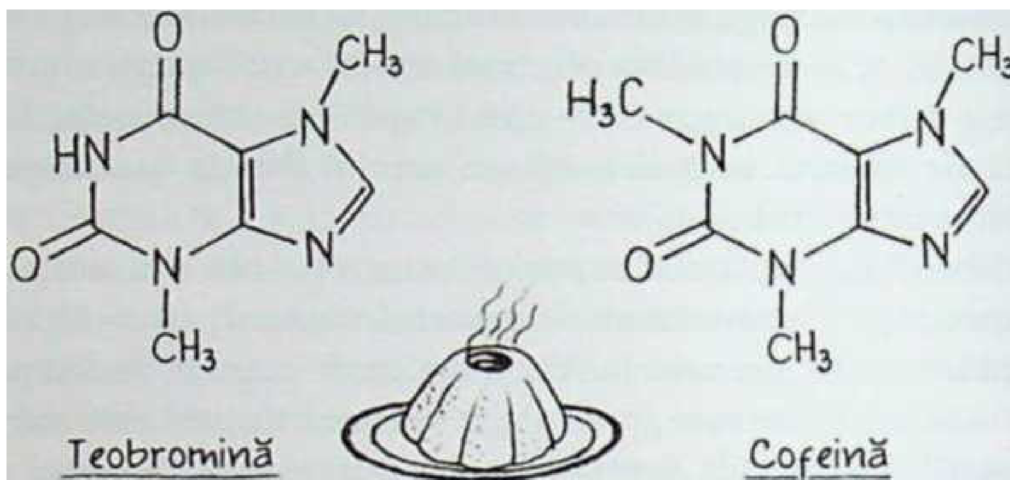
chimiști este o eliberare. Sigur că te ajută faptul că știi principiile de bază ale chimiei. Încă de mică am asociat chimia cu mâncarea bună și cu gătitul.

Gătitul este una, dar coptul este cu totul altceva, cel puțin din punct de vedere chimic. În general, oamenii spun că gătesc cu plăcere, dar nu sunt la fel de atrași de copt. Probabil pentru că la copt este mai greu să improvizezi. Coptul este chimie pură. Când coci fără rețetă trebuie să ai ceva experiență sau cunoștințe, ca să fii sigur că îți iese. La gătit nu este o problemă dacă ai pus prea multe condimente sau dacă ai fiert prea mult sau prea puțin ingredientele. La copt, astfel de scăpări pot avea urmări fatale. Prăjitura se dezumflă, iar fursecurile se lichefiază în tava de copt. Eu și Christine cunoaștem regulile de bază. Cu toate acestea, la copt preferăm să urmăm o rețetă, pe care o îmbunătățim apoi cu timpul, până ajungem la propria noastră versiune.

În vreme ce pregătim mâncarea, aș vrea să vă explic chimia fascinantă a coptului, prin intermediul fondantului de ciocolată. Ce vă spun eu o să vă ajute la tot ce veți coace de acum încolo. În plus, vă dezvălui și rețeta mea proprie de fondant au chocolat.

Acesta este o prăjitură de ciocolată caldă cu miez lichid. Din punctul meu de vedere, unul dintre deserturile cele mai gustoase, dar și ușor de preparat. Rețeta începe cu unul dintre lucrurile dumnezeiești de pe lumea aceasta: ciocolata!

230 de grame, de preferință amăruie, respectiv cu 45% până la 60% cacao. Eu prefer să aibă mai multă cacao. Boabele de cacao conțin câteva molecule fascinante, de exemplu teobromina. Teobromina arată aproape la fel ca și cofeina:



Și funcționează aproape la fel ca ea (ne aducem aminte de *Capitolul* 7, adenozina și „parcarea de receptori”). Teobromina concurează cu adenozina pentru locul de parcare al receptorilor. Poate că ciocolata îi face atât de euforici pe unii încât îi trezește din picoteală, dar, cu toată asemănarea suprinzătoare din structura chimică, teobromina nu este un energizant la fel de puternic cum este cofeina. Printre altele, teobromina nu se potrivește la fel de bine în locul de parcare precum cofeina și nu poate da la o parte la fel de agresiv molecula de adenozină. Având în vedere concentrațiile în care asimilăm teobromină nu trebuie să ne facem griji că nu mai adormim dacă mâncăm seara ciocolată.

Dar, asemenea cofeinei, într-o anumită doză, teobromina poate fi otrăvitoare (doza face otrava). Din fericire, ar trebui să mâncăm cantități imposibile de ciocolată, înainte ca supradoza să devină periculoasă. Probabil că am vomita sau am renunța scârbiți cu mult timp înainte. Mai periculos este pentru câini. Pentru ei doza mortală de teobromină este mult mai mică, pentru că o metabolizează mai greu. În vreme ce corpul nostru transformă repede energizantul potențial otrăvitor în altă moleculă inofensivă, la câini metabolizarea este mai lentă, iar molecula se acumulează în organism. Efectele sunt palpitații cardiace, crampe musculare, senzație de greață, vomă – până la deces. Dacă savurați un baton de ciocolată, iar câinele vostru vă privește cu ochi mari și rugători, nu

cedați!

În vreme ce mulți știu că este interzis să le dai câinilor ciocolată, mai puțini știu că același lucru este valabil și pentru pisici. Acestea au totuși un avantaj față de câini și aproape toate mamiferele: nu simt gustul dulce. Proteinele aflate în receptorii de gust de pe limba noastră sunt atât de modificate la pisici, încât ele nu percep gustul zahărului sau al carbohidraților și nu transmit niciun mesaj la creier. De aceea pisica se va uita cu mai puțin interes la batonul de ciocolată, având în vedere că nu cunoaște plăcerea acestui gust. Cu toate acestea, este bine să ascundeți proviziile de ciocolată și să nu le lăsați în calea pisicilor. Curiozitatea acestor animale nu cunoaște limite, așa cum ne-o demonstrează atâtea videoclipuri pe Youtube.

Noi, oamenii, trebuie să fim recunoscători că reacționăm atât de bine la teobromină. Pentru că, deși ciocolata se compune în cea mai mare măsură din zahăr și grăsimi, combinația cu boabele de cacao o face atât de irezistibilă.

Topesc ciocolata în baie de apă. Bucătarii isteți pot topi ciocolata și la microunde, dar nu există plăcere mai mare decât să învârți în ciocolată și să o privești cum se topește (nu mai spun de miros!). Avantajul băii de apă: indiferent de temperatura plitei, apa nu poate depăși temperatura ei de fierbere, adică maxim 100°C. Astfel se previne supraîncălzirea ciocolatei, care ar duce la un rezultat nedorit: cocoloașe și un aspect mai puțin apetisant.

Când supraîncălzești ciocolata îți dai seama că ea conține ingrediente care nu au nimic în comun, de fapt: zahăr și grăsimi. Zahărul este o substanță hidrofilă și polară, iar grăsimea, o substanță hidrofobă și nepolară. Amestecul omogen se realizează prin lecitine, o clasă de tenside care, de regulă, se extrag din boabe de soia. La fel ca tensidele din șampon și lecitinele sunt molecule amfifile, care acționează ca emulgator. Ele se plasează la granița dintre zahăr și grăsimi și stabilizează amestecul. Dacă supraîncălzim ciocolata, lecitinele nu-și mai pot face treaba și ne trezim pe de o parte cu cocoloașe de grăsimi de cacao

și lapte și pe de altă parte cu cocoloașe de zahăr și particule de cacao.

Pericolul la baia de apă este că lichidul nu trebuie să ajungă în ciocolata care se topește. Cel mai bine este să nu aducem apa la punctul de fierbere, pentru că atunci stropii de apă pot ajunge din neatenție în ciocolată. O baie de apă caldă este suficientă, ciocolata se topește și în gură, nu este nevoie de temperaturi foarte ridicate. Când apa ajunge în ciocolata topită, intră pe teren un jucător foarte hidrofil care amestecă lucrurile. Apa și zahărul se combină imediat. Toți știm cocoloașele mari din cutia de zahăr care se formează la cele mai mici cantități de apă. Același lucru se întâmplă și în ciocolată, stropii de apă produc cocoloașe de care nu mai scapi ușor.

Ciocolata nu trebuie să se topească singură, de aceea îi adaug și 120 de grame de unt – o, grăsime multă și bună! (Ce pot să spun, sunt lipofilă!) Mi se pare interesant cum se vorbește în general despre grăsimi și uleiuri: „grăsimi saturate”, „grăsimi nesaturate”, „acizi grași trans”, „acizi grași Omega-3” – rareori mai auzi în viața de zi cu zi atât limbaj chimic. Toate bune și frumoase, doar că mă tem că, în ciuda uzului cotidian, tot nu ne este clar ce înseamnă *cu adevărat* aceste cuvinte. Ce-ar fi să învățăm câte ceva despre ele?

Știm deja de la saponificare: grăsimile și uleiurile sunt compuse din așa-numitele trigliceride, o combinație de trei acizi grași. Acizii grași sunt molecule lungi, mai bine spus lanțuri lungi de atomi de carbon. În fiecare legătură de carbon există energie, pe care corpul și-o poate extrage în cadrul procesului de metabolizare. Grăsimile sunt substanțele nutritive cele mai pline de energie. „Fantastic!”, se bucură corpul nostru care a rămas încă în perioada vânătorilor și culegătorilor. Ne plac grăsimile, de aceea nu pregetăm să înghițim această sursă prețioasă de energie, oriunde o întâlnim. Din păcate, în ziua de astăzi dăm de ea la orice colț de stradă și, din această cauză, aceste surse de energie devin o plăcere nesănătoasă.

Se spune că grăsimea nu este la fel: grăsimile nesaturate sunt bune, cele saturate sunt rele! Să fie oare adevărat? Cum diferențiem între grăsimile nesaturate și cele saturate?

Așadar: fiecare atom de carbon poate să dezvolte patru legături. Într-un acid gras cu lanț lung fiecare atom de carbon este legat de alți doi atomi de carbon – deci mai are două legături libere. Dacă la fiecare atom de carbon din lanț se adaugă doi atomi de hidrogen, vorbim despre un acid gras saturat. Saturat cu hidrogen.

În schimb, acizii grași nesaturați conțin legături duble de tip C=C. Pentru fiecare legătură dublă elimini doi atomi de hidrogen. La fiecare atom dublu de carbon se leagă doar un atom de hidrogen – din această cauză este nesaturat.

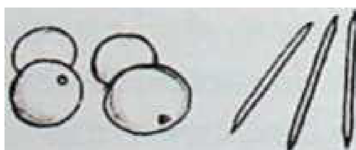
În plus, distingem între acizi grași mononesaturati și acizi grași polinesaturați. Aceasta depinde de numărul de legături duble. O singură legătură dublă este proprie unui acid gras mononesaturat, mai multe legături duble, unuia polinesaturat.

Probabil că observați deja – în acest capitol va trebui să fiți foarte atenți, din cauza limbajului nefericit. Atunci când citești repede se poate întâmpla ușor să confunzi saturat cu nesaturat. Mi se întâmplă și mie.

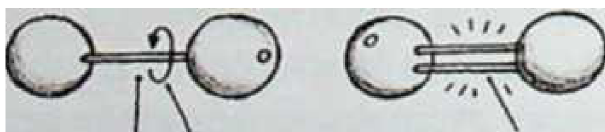
În plus, la nesaturat asociezi mereu ceva ce lipsește. Și, da, este vorba despre atomii de hidrogen care lipsesc în acizii grași nesaturați. Dar asta nici măcar nu ar trebui să ne intereseze prea mult. La acizii grași nesaturați totul se învârte în jurul legăturilor duble. Mă rog, realist vorbind, nimic nu se poate învârti în jurul unei legături duble.

Ce vreau să spun puteți observa cu ajutorul roșiilor cherry și al scobitorilor. Dacă legați două roșii cherry cu o scobitoare, atunci aveți o legătură simplă. Puteți învârti fără probleme roșiile cherry, una față de cealaltă, legătura este mobilă. Dacă legați roșiile cu două scobitori paralele, obțineți modelul unei legături duble. Această legătură este rigidă și nu puteți învârti roșiile fără să le stricați.

De încercat acasă – experimentul nr. 4



Aveți nevoie de: *4* roșii cherry 3 scobitori



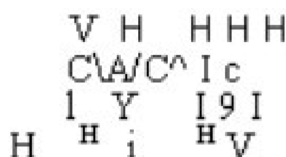
Permite rotația liberă   Rigidă
Legătura simplă   Legătură dubla

Care este concluzia? Fiecare legătură dublă este o conexiune rigidă. La acizii grași nesaturați această conexiune rigidă creează un punct de inflexiune în liniaritatea moleculei.

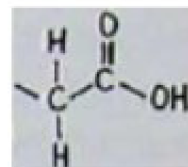
H y H H H H H H

A H A H > H A H

Acid palmitic



H



Acizi grași saturați]



Hin'
Hn
ii
H
H

HxICs



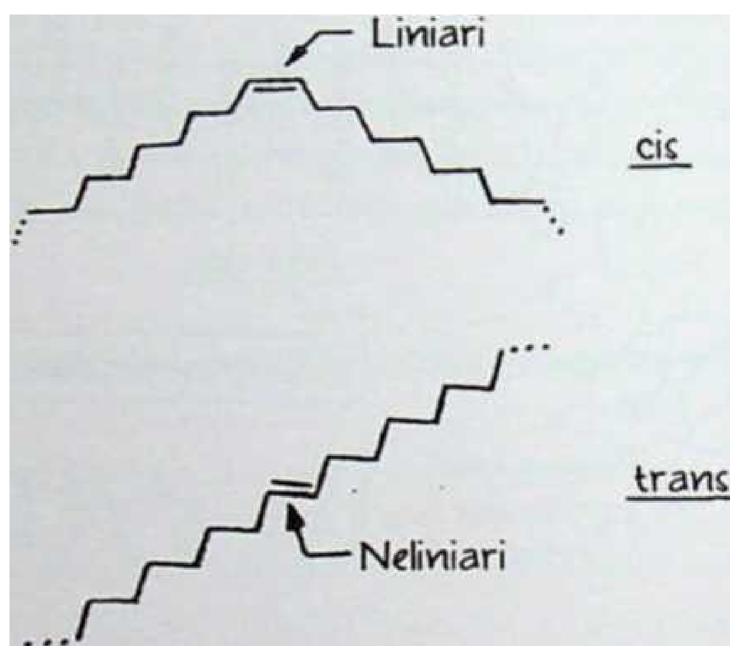
Acid oleic

Acizi grași nesaturați]

Această particularitate a structurii moleculare modifică semnificativ caracteristicile fizice. Acizii grași saturați liniari sunt de cele mai multe ori grăsimi solide, acizii grași nesaturați cu inflexiuni ale moleculelor sunt deseori grăsimi lichide sau uleiuri. Acizii grași saturați se pot ordona și stratifica mai ușor și se aranjează în structuri solide. Acizii grași nesaturați neliniari sunt voluminoși și mai greu de

ordonat, de aceea simt de obicei uleiuri fluide. Starea de agregare ne indică dacă avem de-a face cu acizi grași saturați sau nesaturați. Cu toate acestea, trecerea de la starea solidă la cea lichidă nu este de fapt ferm delimitată, pentru că acizii grași saturați și nesaturați apar de multe ori amestecați – la fel și în ciocolată, așa cum veți vedea mai încolo.

Aș vrea să mai fac o completare importantă: acizii grași nesaturați nu trebuie să fie neapărat neliniari. Când există o legătură dublă într-un lanț de carbon, avem două posibilități de configurare a lanțului: cis sau trans. Cu inflexiune, neliniar sau fără inflexiune, liniar.



În alimentația naturală întâlnim aproape numai acizi grași cis neliniari. Acizii grași trans apar în cantități mici în grăsimile animale, mai precis la rumegătoare. De exemplu, grăsimea din lapte conține între 1 și 6 procente de grăsimi trans. Când vorbim de obicei despre acizii grași nesaturați ne referim mai precis la acizii grași cis. Acizilor grași trans le spunem pe nume, pentru că sunt mai problematici. Aceștia sunt considerați cei mai nesănătoși acizi grași. Energia noastră zilnică nu ar trebui să provină din acizi grași trans într-o proporție mai mare de 1%.

Din păcate, ne-am dat seama târziu de aceasta. La început nu a deranjat pe nimeni că unul dintre produsele

secundare din procesul de transformare a grăsimilor lichide în grăsimi solide îl constituiau grăsimile trans, care rămâneau în produsul de bază. În procesul de transformare a grăsimilor lichide în grăsimi solide se iau și se hidrogenează acizi grași nesaturați cis. Cuvântul hidrogenare ne indică faptul că avem de-a face cu o reacție în care este implicat *hidrogenul.* Acesta migrează către legăturile duble și convinge atomii de carbon – printre altele cu ajutorul căldurii și al presiunii – să renunțe la legăturile lor duble, rezultând astfel lanțuri saturate. O astfel de hidrogenare presupune saturarea acizilor grași nesaturați.

Chimistul german Wilhelm Normann a realizat această tehnică în 1901, iar ea s-a dovedit foarte utilă inițial. Din uleiuri ieftine de plante se produceau grăsimi solide precum margarina sau untura. Grăsimile saturate sunt folosite în același mod pentru producerea de săpun (vezi *Capitolul 3).* În cadrul acestei reacții se mai întâmplă ceva: unele legături duble cis se transformă în legături duble trans – iar unele legături cu inflexiune se îndreaptă. De aceea, prin hidrogenarea artificială a grăsimilor se produc grăsimi trans. În mod ironic, mult timp s-a considerat că grăsimile trans produse artificial din grăsimi vegetale sunt mai sănătoase decât grăsimile animale, îndrăgostiți! de unt, atenți la sănătatea lor, au renunțat cu inimă grea la produsul lor preferat pentru margarină.

Dar apoi au apărut studiile. Nu chiar brusc și dintr-odată, dar încet-încet s-au înmulțit dovezile că grăsimile trans nu doar că nu sunt mai bune, dar fac rău sistemului circulator și vaselor de sânge. De la grăsime adulată la pericol public – Organizația Mondială a Sănătății și-a anunțat obiectivul: „Fără grăsimi trans până în 2023!” Avertismentele au dat roade. Grăsimile trans au un renume atât de prost, încât mulți producători de alimente au renunțat între timp de bună-voie la adaosul de grăsimi trans sau au redus drastic cantitatea. De aceea institutele germane de specialitate apreciază din nou că procentul de grăsimi trans consumat de populație este sub nivelul de atenție.



Așa. Grăsimile trans sunt rele. Dar ce este cu grăsimile saturate și nesaturate cis?

Există multe studii pe subiect. Dar studiile de nutriție sunt complicate, pentru că sunt predestinate rezultatelor controversate. Din nou, cauza o constituie metodele științifice. Dacă ne aducem aminte de *Capitolul 5* și de studiile randomizate controlate, ne dăm seama repede că astfel de studii clinice nici măcar nu sunt posibile în acest domeniu de cercetare.

Șoarecii de laborator pot fi împărțiți ușor în grupuri de test și de control, iar „orbirea" este asigurată ușor prin intermediul animalelor.

La oameni este foarte greu să faci studii oarbe pe nutriție, căci oamenii știu ce pun în gură. Dar nu aceasta este cea mai mare provocare. La animale poți controla pe intervale lungi de timp ce mănâncă, chiar și cât se mișcă. Dar este mai greu să faci asta cu oameni. Dacă vreți să încercați, nu pot decât să vă urez mult succes.

Cu toate acestea, pentru anumite subiecte există suficiente dovezi. De exemplu, se recomandă să înlocuim acizii grași saturați cu acizi grași polinesaturați. Experții nu s-au pus încă de acord dacă la acizii grași nesaturați, cu cât au mai multe legături duble cu atât mai bine, așadar dacă acizii grași polinesaturați sunt automat mai sănătoși decât cei mononesaturati.

Singurii acizi grași care se pot considera mai cu moț

sunt acizii grași Omega-3 și Omega-6. Prin Omega-3 ne referim la acizii grași nesaturați care au o legătură dublă cu un al treilea atom de carbon (de aici 3) la capătul lanțului (de aceea Omega – sfârșit). La fel și în cazul Omega-6, doar că numărăm al șaselea atom de carbon de la coadă. Acidul linoleic Omega-3 și acidul alfa linoleic Omega-6 fac parte dintre așa-numiții acizi grași esențiali, adică sunt vitali pentru organism, care nu îi poate produce singur. *Trebuie* să-i mâncăm. Îi găsim în diverse uleiuri vegetale și în pește. Aceasta nu înseamnă că este cazul să băgăm în noi disperați pește în ulei de rapiță. Doza zilnică recomandată este de 250 mg. Tot ce depășește această cantitate este plăcere pură.

În principiu, grăsimile nu simt nici de respins, nici de ridicat în slăvi. Din întreaga cantitate de energie asimilată, 30 până la 35% ar trebui să provină din grăsimi – în orice caz, minim 10%, ca să ne asigurăm că asimilăm suficiente calorii și acizi grași esențiali. În plus, anumite vitamine sunt companioni hidrofobi, care se înțeleg mai bine cu grăsimea decât cu apa.

Ca întotdeauna, soluția o constituie echilibrul și buna măsură. Firește că nu este indicat să mâncăm zilnic fondant au chocolat cu 230 de grame de ciocolată și 120 de grame de unt. Dar mâncarea gustoasă ne face fericiți și este bine să nu subestimăm asta. Uneori ne concentrăm prea mult pe sănătatea fizică, dar este indicat să nu o uităm nici pe cea psihică. Ia să ne întorcem noi la ciocolata noastră!

În funcție de marcă, ciocolata amăruie conține cam 30-35% grăsime. Aceasta provine pe de o parte de la arborele de cacao. Numită și unt de cacao, ea reprezintă un amestec complex de diverse grăsimi. În mare parte, untul de cacao conține trei acizi grași diferiți: acidul oleic (nesaturat), acidul palmitic (saturat) și acidul stearic (saturat). Amestecul are calitatea deosebită de a rămâne solid la temperatura camerei și de a se topi la temperatura corpului, adică pe limba noastră. În plus, ciocolata mai conține deseori și grăsime din lapte. Cu cât este mai

deschisă la culoare, cu atât are mai multă grăsime din lapte. La rândul ei, aceasta reprezintă un amestec complex de acizi grași, saturați și nesaturați, cu o temperatură de topire mai scăzută decât a untului de cacao. Poate ați remarcat deja că ciocolata cu lapte este mai cremoasă și se topește mai ușor decât ciocolata amară.

Grăsimea din lapte este grăsimea din untul clasic. Pentru ca untul să se poată numi unt, are nevoie să conțină minim 80% grăsime din lapte. De aceea adaug o cantitate generoasă în aluatul meu. Asta nu doar că va face fondantul irezistibil de gustos, dar va scădea punctul de topire al amestecului și va mijloci astfel rezultatul final dorit, respectiv miezul lichid.

Untul conține și până la 16% apă, iar asta joacă un rol important în procesul de coacere. Spre deosebire de apa din baia de apă, apa din unt este deja emulsifiată, adică bine amestecată cu grăsimea din lapte. Adăugată în ciocolată, ea nu va forma cocoloașe. Mai târziu, în cuptor, apa se va transforma în abur, își va mări volumul și va ajuta prăjiturica să se umfle. Pentru că percepem gazele ca pe „nimic”, iar spațiile goale nu au gust, acestea nu sunt considerate ingredient, dar de fapt toate stările de agreare sunt importante pentru experiența gustativă completă dintr-o prăjitură. Formarea gazului joacă un rol important în procesul de coacere. De cele mai multe ori, ne folosim de praf de copt sau de bicarbonat de sodiu, care se transformă în cuptor în abur de dioxid de carbon și care ajută prăjitura să crească.

În vreme ce ciocolata și untul se topesc în baia de apă într-un ganaș delicios, amestec într-un bol mic un praf de sare cu 50 de grame de făină. În majoritatea rețetelor de prăjituri se amestecă întâi ingredientele uscate, apoi se adaugă cele lichide. Nu fără motiv. Făina conține o proteină sensibilă la apă pe nume gluten. Mult timp glutenul a fost mai puțin cunoscut, dar în ultimii ani i s-a acordat mai multă atenție – și nu una pozitivă. Tot mai mulți oameni sunt intoleranți la gluten sau se simt mai bine dacă renunță la el. Știința dă din umeri neputincioasă în fața acestei

enigme, pentru că majoritatea celor afectați nu suferă de boala celiacă, o alergie genetică la gluten, nici de alergie la grâu. Experții au păreri diferite și dau explicații diverse, printre altele și efectul nocebo.

Sigur este că glutenul, o proteină lipicioasă, joacă un rol important în procesul de coacere. De fapt, glutenul se compune din două proteine, gliadinele și gluteninele. În amestec cu apa, făina se transformă într-o structură tridimensională lipicioasă, glutenul. Această structură lipicioasă dă consistentă elastică pâinii sau pastelor. „Chewy”, ar spune americanul.

De aceea este important în care punct adăugăm apă în faină, pentru că imediat ce facem asta, aluatul devine lipicios. Dacă glutenul este activat și lipește aluatul, va fi greu să adăugăm în același timp alte ingrediente uscate, cum ar fi zahărul sau praful de copt. Acesta este motivul pentru care se recomandă să amestecăm în prealabil substanțele uscate. Dacă în pâine ne dorim o anumită elasticitate, nu același lucru se aplică la prăjituri sau, de exemplu, la fondant au chocolat. De aceea folosesc atât de puțină făină, dar și pentru a păstra miezul mai degrabă lichid.

Între timp, amestecul de ciocolată și unt s-a topit și îl pun la răcit. Următorul pas reprezintă o variație a unui aluat tipic de fondant. În mod normal, ouăle se pot amesteca cu făina, însă eu bat întâi ouăle – patru medii – într-un alt bol până se fac spumă. Adaug încet 80 de grame de zahăr. Zahărul este și el un ingredient uscat și, în mod normal, l-am putea amesteca cu făina. Puteți încerca și așa, aluatul va fi mai dens și mai puțin pufos (ceea ce poate da prăjiturii un farmec aparte). Bătutul spumă al ouălelor se realizează mai ușor dacă adăugăm zahăr, pentru că cristalele acționează ca niște pietricele minuscule care întăresc spuma de ouă.

Ouăle conțin multe proteine, esențiale la rândul lor în procesul de coacere. La fel ca grăsimile, proteinele sunt molecule cu lanțuri lungi. Aceste lanțuri au o compoziție chimică mai complexă, elementele lor de bază fiind

aminoacizii. În plus, aceste lanțuri sunt mai lungi decât acizii grași, atât de lungi, că se pot îndoi și pot forma suprastructuri mari, tridimensionale. Din exterior, o proteină se aseamănă unei bile sau altei structuri tridimensionale și nu aduce nici pe departe cu un lanț.

Am văzut de dimineață, când am făcut ou ochi, ce se întâmplă cu proteinele când le încălzim: se solidifică. Căldura duce la descâlcirea proteinei. Acest proces poartă numele de denaturare. Lanțurile lungi se întrerup și se rearanjează. Ia naștere o rețea, iar oul se întărește. Odată rearanjată, proteina nu se mai poate întoarce la starea inițială. O denaturare ni se întâmplă și nouă cu căștile de telefon uitate în geantă. Și ele se pot încâlci frustrant de rău și aproape ireversibil.

Ceva similar se întâmplă și când batem ouăle, doar că nu la fel de ireversibil. Prin lovirea fizică cu mixerul, proteinele se descâlcesc parțial și încep să se încâlcească la loc, un fel de denaturare ușoară. Dacă repetăm procedura doar cu albuș, obținem o bezea tare. Important este aerul, care este prins prin lovire în ou, sub forma unor bule de aer minuscule. Cu cât este mai solidă spuma, cu atât mai aerat va fi desertul. Dacă am face un sufleu de ciocolată, atunci bezeaua ar constitui un pas esențial, ca să obținem consistența aerată dorită. Mă decid pentru o variantă ușoară de sufleu. Îmi doresc să fie un pic pufos, dar mai dens decât un sufleu obișnuit. De aceea bat oul întreg, fără să-l mai separ. Spuma va fi mai moale, pentru că, odată cu gălbenușul, în amestec se adaugă o cantitate importantă de grăsime (iar grăsime!), care face dificilă încâlcirea albușului.

Gălbenușul conține aproape 30% grăsime. Mulțumită ei este imposibil să „tăiem” oul. O bezea formată doar din proteine și apă poate fi distrusă ușor dacă o bați prea mult. Dacă exagerăm, ne vom alege cu apă, pe de o parte, și cu cocoloașe de albuș, pe de altă parte. Când bați oul întreg, nu ai de ce să te temi, pentru că este imposibil să dai greș. La final, volumul se multiplică (de unde și bolul mare de

care ai nevoie), iar spuma devine fină, cu o suprafață strălucitoare, netedă, de culoare galben-pal.

Mai târziu, în cuptor, proteinele se vor denatura complet și se vor întări. Apa din ou are aceeași sarcină ca apa din unt: va ajuta prăjiturica să crească. Împreună cu aerul din spumă vor crea un înveliș aerat în jurul miezului lichid.

Zahărul nu ajută doar la bătutul spumă al ouălor. El reprezintă elementul de bază pentru orice dulce – dar să nu facem greșeala să-l reducem doar la dulceața lui. Zahărul este higroscopic, adică absoarbe și retine apa (de aici și abilitățile sale de conservare, cum am remarcat în *Capitolul 7).* La un fondant au chocolat, pe care îl savurezi fierbinte și cu miez lichid, această proprietate nu joacă un rol prea important. Dar prăjiturile și fursecurile cu cât conțin mai puțin zahăr, cu atât se usucă mai repede. Cine vrea să reducă consumul de zahăr și înjumătățește cantitatea acestui ingredient din prăjitură va fi pedepsit cu o prăjitură uscată.

Zahărul este foarte important în înghețată, în special în sorbet. Acolo nu avem doar mult zahăr, ci și multă apă în care acesta se dizolvă. La fel ca orice substanță solubilă, zahărul va influența temperatura de topire sau de înghețare a amestecului. Același fenomen se întâmplă iarna, când se presară sare pe carosabil: apa salină are un punct de îngheț mai scăzut decât al apei. Fenomenul se numește scăderea punctului de îngheț. În vreme ce apa îngheață la 0°C, soluția salină rămâne încă lichidă la acea temperatură. De aceea sarea împrăștiată pe carosabil reprezină o măsură antiderapaj eficientă, pentru că apa va îngheța doar la temperaturi mai scăzute. Un astfel de fenomen se produce și la apa cu zahăr, cu un efect direct asupra consistenței înghețatei sau a șerbeturilor. Cu cât conținutul de zahăr este mai mare, cu atât se topește mai repede înghețata, cu cât este mai mic, cu atât este mai tare. Când faci înghețată acasă, nu trebuie să adaugi zahăr doar după gust, ci trebuie să găsești consistența potrivită, care să nu fie nici prea tare, nici prea moale.

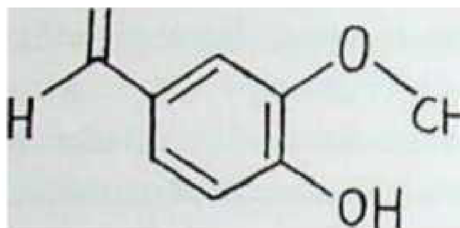
Amestecul de ciocolată și unt s-a răcit și îi adaug o

linguriță de extract de vanilie. Aromele dulcege de vanilie se amestecă plăcut cu aromele amărui ale boabelor de cacao. Aroma de vanilie este foarte plăcută tuturor. Am putea crede că o găsim peste tot, atât este de răspândită. În engleză „vanilia” este sinonim chiar cu obișnuit, plicticos, rușinos. Asta deși, în realitate, aroma nu este deloc pe atât de comună pe cât ai crede.

Sticluța cu extract de vanilie bio din „păstăi de vanilie de Bourbon pură” mi-am cumpărat-o acum câteva luni, când aveam chef să-mi fac o plăcere și să cheltuiesc fără remușcări niște bani. Este un produs foarte scump, dacă încă nu știți asta. Motivul îl constituie cultivarea laborioasă. Mult timp vanilia, o orhidee, a crescut doar în America Centrală, pentru că doar acolo există albina Melipona, unul dintre puținele animale care polenizează floarea de vanilie. Aceasta nu este o plantă dornică să se împerecheze (din punctul acesta de vedere „vanilia” se potrivește cu rușinos). Mult timp, vanilia a fost o aromă rară, de care s-au bucurat puțini oameni.

Lucrurile s-au schimbat în 1841, odată cu Edmond Albius. Acesta era copilul unei familii de sclavi în colonia franceză La Reunion, o mică insulă în apropiere de Madagascar. La vârsta de 12 ani băiatul a descoperit cum poți poleniza manual florile de vanilie. La Reunion a devenit un mare exportator de vanilie și curând planta a început să fie cultivată și în Madagascar Și astăzi o mare parte din vanilia naturală provine din această zonă și se numește *vanilie de Bourbon.* Dar aceasta nu ar acoperi nici măcar o parte din cererea globală. Din cele aproape 18.000 de tone de aromă de vanilie care se produc anual, doar 1% provine din planta naturală. Polenizarea se realizează și astăzi manual, după metoda lui Albius.

În schimb, în anii șaptezeci s-a descoperit cum se poate produce în laborator molecula vanilină, principala aromă din vanilie. Zahărul vanilat, pe care îl cumpărăm din supermarket, nu este de multe ori decât zahăr normal cu o priză de vanilină, așa cum veți descoperi la lectura listei de ingrediente.



Vanilina

În ultimii ani a crescut cererea de aromă de vanilie naturală, dar pentru aceasta nu există suficiente plante de vanilie pe lume. Pe lângă procesul dificil de cultivare, recolta nu este una bogată. Pentru un kilogram de păstăi de vanilie trebuie polenizate manual în jur de 600 de flori. Cine vrea aromă naturală, trebuie să fie la fel de căzut în cap ca mine și să plătească cu vârf și îndesat pentru asta. Firește, aroma naturală este mult mai complexă ca gust, pentru că vanilia de Bourbon conține și alte arome, nu doar vanilină. Dar rețeta este foarte gustoasă și cu zahăr vanilat, n-o să dați greș dacă îl folosiți. Puteți oricând să înlocuiți opt grame de zahăr cu un pachet de zahăr vanilat.

Mai am o recomandare secretă pentru voi, dacă vreți să obțineți o aromă fenomenală de ciocolată: un shot de espresso. Și înainte să vă scuturați și să-mi replicați că nu vă place gustul de cafea în ciocolată, aș vrea să vă liniștesc. Nu va avea gust de cafea (nici mie nu îmi place ciocolata cu cafea). Nu doar teobromina și cofeina sunt asemănătoare, ciocolata și cafeaua conțin arome similare amărui, cu gust de nucă și până la fructate. Dacă aveți acasă cacao pentru copt, puteți să gustați un vârf și veți descoperi că gustul amintește de cafea, doar că nu este la fel de intens. Dacă adăugați într-un desert de ciocolată, fie el mousse sau prăjitură, una până la două lingurițe de espresso tare va fi ca și cum ați adăuga aromă concentrată de cacao cu un „twist” interesant.

Adaug în ouăle spumă amestecul de cacao răcit și condimentat cu vanilie și espresso. Când spun răcit nu mă refer neapărat la temperatura camerei, ci pur și simplu la o temperatură care să nu denatureze proteinele din ouă:

gălbenușul se denaturează deja la 65°C, albușul la 83^{0}C. Nu amestec foarte bine, doar cât să se distribuie uniform, pentru că vreau să evit distrugerea bulelor de aer pe care m-am chinuit atât să le prind în spumă. La final pun făina cu un praf de sare, amestecând la fel de ușor până când compoziția se uniformizează. Apoi torn aluatul într-o formă de sufleu sau de brioșe. Ce rămâne poate fi păstrat în frigider, cel mai bine în forme, ca să aveți un motiv de bucurie și a doua zi.

Umplu patru forme și le pun deocamdată în frigider. Iată un desert care se pregătește ușor și care nu are nevoie decât de puțin timp la cuptor. Timpul de coacere este definitoriu pentru fluiditatea amestecului, de aceea este bine să revalidați personal acest timp, când vă hotărâți să încercați rețeta. Formele mele au un diametru de 7 cm și le umplu mereu cu generozitate până la 4 cm înălțime. Pentru aceste dimensiuni timpul de coacere ideal s-a dovedit a fi de 15,5 minute la o temperatură de 190°C. Asta dacă aluatul este la temperatura camerei. Dacă a fost ținut peste noapte în frigider, atunci mai degrabă 16 până la 16,5 minute. Dacă aveți forme mult mai mici, atunci timpul de coacere va fi cu câteva minute mai scurt. Cel mai bine invită-ți niște prieteni și încercați cu ei!

Suntem atât de absorbite de munca noastră în bucătărie, încât nu-l observăm pe Matthias care a intrat pe ușă, urmat de Dino. Amândoi par destul de iritați.

— Ce bine că ați ajuns, exclamă Christine binedispusă. Avem nevoie de ajutor la curățat legumele.

Matthias îmi face semn să ies din bucătărie și îmi șoptește:

— Ăsta-i Dino?

— Da, îi șoptesc la rândul meu.

— Am dat nas în nas la intrare și nu știam cine este.

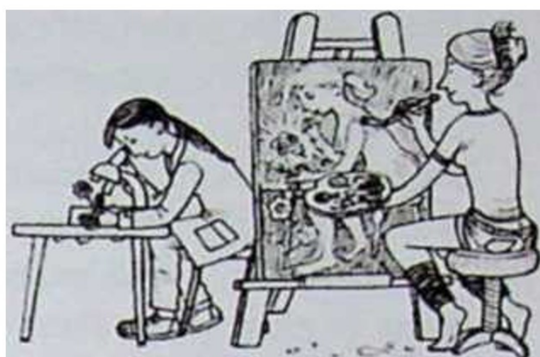
— Azi avem sesiune spontană de terapie în bucătărie, îi explic. Și l-am invitat și pe Dino.

— Nu s-a prezentat și s-a luat după mine tăcut, râde Matthias.

— Torben e băiat de treabă, îi spun. Dar are nevoie de timp să se obișnuiască.

Ne întoarcem în bucătărie și scot două pahare de vin pentru Matthias și Torben. Presimt că va fi o seară de pomină.

Chimia funcționează



În timp ce curățăm legume și dezbatem înfierbântați dacă ața dentară este recomandată înainte sau după spălatul pe dinți, mobilul lui Christine începe să vibreze. Șase mesaje de la Jonas. Face parte dintre oamenii care, în mod cu totul enervant, nu folosesc puncte sau spații în mesaje, ci trimit textele pe bucățele:

„Hei”

„Deci ©”

„Mai ești la laborator?”
„Pot să gătesc ceva azi”
„Treci pe la mine?”
„Pot trece să te iau”
Christine mă privește enervată.
— Ce te uiți la *mine,* îi spun și nu mă pot abține să nu bufnesc în râs. Și totul doar din cauza tâmpeniei ăleia de pastă de dinți.
Christine nu se mai poate abține nici ea, dar îmi spune:
— Nu despre pastă de dinți este vorba aici. Ea nu a fost decât… declanșatorul. Nu simt să avem chimie.
Râdem din nou, amuzate de jocul de cuvinte.
— Îl sun, oftează Christine și iese din bucătărie.

Cred că expresia „chimia funcționează/există chimie între ei” este de departe utilizarea cea mai prietenoasă a cuvântului „chimie” în limbajul nostru de zi cu zi. Chimia iubirii! Nu știu la ce se gândesc nechimiștii când folosesc această expresie, eu când vorbesc de iubire mă gândesc numai la chimie și la știință. Vi se pare că sunt lipsită de romantism? Nu știu ce să zic. Nu cred că abordarea științifică a lumii îi răpește acesteia din farmec.
Fizicianul american și laureat al Premiului Nobel, Richard Feynman, a surprins bine lucrurile când a declarat într-un interviu:

Am un prieten care este artist și care are uneori păreri cu care nu am cum să fiu de acord. Se uită la o floare și zice: „Uite, ce frumoasă este” și sunt de acord cu el. Apoi continuă: „Eu, ca artist, pot să văd cât este de frumoasă, tu, ca om de știința, o descompui și nu mai rămâne decât un obiect difuz și fără suflet”. Cred că îi cam lipsește o doagă! […] Sigur că mă pot bucura la rândul meu de frumusețea florii. În același timp, văd mult mai multe când o privesc decât vede el. Îmi pot închipui celulele care o compun, procesele complicate din interior, care au și ele frumusețea lor. Ce vreau să spun este că nu vorbim doar despre frumusețea din această dimensiune, de pe un

centimetru. Exista și o frumusețe în dimensiunile mai mici, în structura interioară, în procesele interne. Faptul că culoarea florii a evoluat de-a lungul timpului, ca să atragă insecte, este fascinant; asta înseamnă că insectele pot vedea culori. Asta mă duce cu gândul la altă întrebare: exista un sens pentru frumos și în aceste vietăți simple? De ce există frumusețe? Cu toate aceste întrebări captivante, care rezultă din observația științifică, lumii i se adaugă și mai mult farmec, și mai multe mistere, și mai multă magie. Se adaugă mereu. Nu înțeleg cum știința ar văduvi lumea de ceva.

Nu există om de știință care să nu fie de acord cu cuvintele lui Feynman. Trag speranța că și voi, chiar dacă nu faceți parte din acest grup, sunteți de acord cu el. Să înțelegi lucrurile în detaliu nu poate decât să le facă și mai fascinante.

În plus, frumusețea științei nu stă în găsirea adevărului, ci în căutarea lui. Nu cred că vom deslusi curând iubirea în toate nuanțele ei, științific vorbind. Suntem departe de acest obiectiv. Pe de altă parte, nu cred că este lipsit de romantism să încercăm să studiem iubirea, emoțiile și relațiile interumane.

Fără să cercetez nimic pot afirma cu certitudine: între mine și Matthias există chimie. Poate pentru că suntem amândoi chimiști. Ha ha! Am și acum, după zece ani de când suntem împreună, fluturi în stomac când seara, după o zi grea la serviciu, îl aud pe Matthias cum deschide ușa sau când mă ia de la gară, după o zi epuizantă de filmări. Știu, și asta poate părea grețos de dulceag, dar declanșatorul fluturilor din stomacul meu nu are nimic de-a face cu romantismul. Este același mecanism declanșat azi-dimineață de deșteptătorul-monstru al lui Matthias: reacția de luptă-sau-fugi.

Asta înseamnă că vreau s-o iau la sănătoasa sau să-i trag una lui Matthias când îl văd? Nu, și dacă nutriți astfel de gânduri când vă uitați la partener, ați face bine să vă despărțiți urgent, probabil că ar fi cea mai bună soluție.

Este adevărat că, atunci când te îndrăgostești, trăiești o reacție fizică de stres, chiar dacă îl percepi pozitiv. Îndrăgostirea înseamnă nu doar o inimă care bate în ritm crescut, ci și niveluri crescute de cortizol. Dacă azi-dimineață am făcut cunoștință cu cortizolul și adrenalina ca hormoni de stres, acum le descoperim o altă latură. Dacă ții cont de fluturii din stomac, ai putea să privești cortizolul ca pe hormonul iubirii!

Această constatare i-ar putea ajuta inclusiv pe cei cuprinși de emoții când vorbesc în public, să se raporteze altfel la aceste sentimente. Teama de a te afla pe o scenă sau de a susține o prezentare în fața unor oameni străini se traduce și ea într-o reacție de tip luptă-sau-fugi. Dar oamenii care nu au emoții pe scenă nu simt nevoia să o ia la sănătoasa, ci dimpotrivă, o grămadă de fluturi în stomac. Chimia care stă la baza acestor emoții este aceeași.

La fel este și motivația care stă la baza reacției luptă-sau-fugi, în diverse situații. În cazul unei prezentări în fața unui auditoriu, această prezentare trebuie prioritizată. Este foarte importantă. La fel ca la întâlnirea cu tigrul cu dinți sabie, avem nevoie de întreaga atenție. Aceasta înseamnă că alte funcțiuni, momentan neimportante din corp, pot să aștepte. Printre ele, digestia. Sângele este deviat din abdomen, iar asta generează un sentiment ciudat în burtă, pe care-l urâm în situații tensionate, dar îl savurăm când suntem îndrăgostiți. Când îl revăd pe Matthias după o zi lungă, corpul mă îndeamnă să las totul baltă, am timp și mai târziu să diger, toată atenția trebuie îndreptată asupra bărbatului din fața mea.

Este un noroc ieșit din comun să ai pe cineva pe care să-l poți strânge în brațe după o zi stresantă și solicitantă. Știm cu toții câtă putere îți poate da o îmbrățișare. Ideea cu îmbrățișările gratuite oferite pe stradă străinilor este de ceva timp perimată, după ce a fost folosită în exces. Cu toate acestea, strălucirea și bucuria adevărată pe care le poate declanșa îmbrățișarea, chiar și a unui străin, este fascinantă.

Ce se întâmplă de fapt când luăm în brațe pe cineva? Asta s-au întrebat și psihologii de la Camegie Mellon University din Pittsburgh. Studiul lor cu aproape 400 de participanți a avut trei etape:

Prima etapă: Au fost întrebați oamenii despre rețelele lor sociale (cele adevărate, nu de pe internet) și despre sprijinul emoțional pe care-1 primesc în viața de zi cu zi. Au prieteni cu care să poată face lucruri împreună? Se simt excluși social? Au pe cineva căruia să-i poată împărtăși temerile și grijile?

A *doua etapă:* 14 zile la rând, participanții au fost întrebați în fiecare seară dacă au fost implicați în conflicte sociale și dacă au fost îmbrățișați. Până acum, nimic neobișnuit.

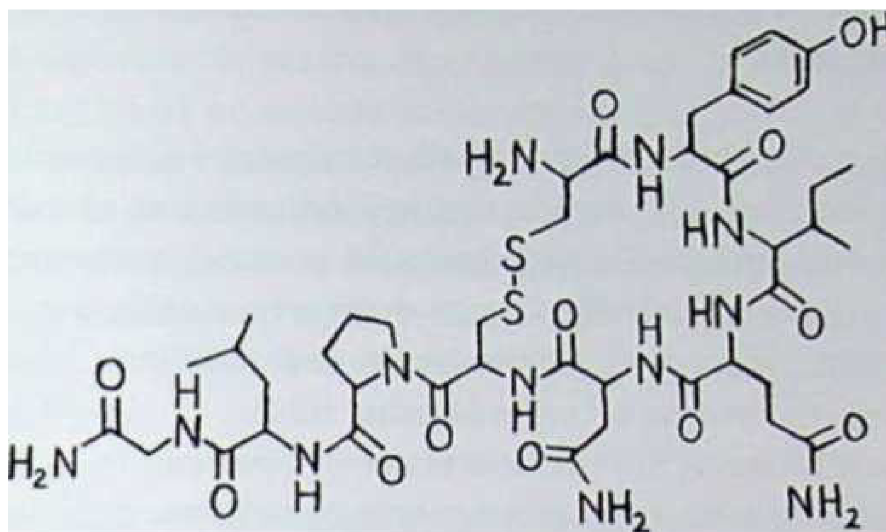
Dar iată că vine *a treia etapă:* participanții au fost virusați cu o răceală și apoi au fost băgați în carantină și ținuți sub observație. Destul de invaziv pentru un studiu psihologic. Rezultatele au fost deosebit de interesante. Conflictele sociale pot declanșa reacții de stres (neplăcut, nu fluturi în stomac), iar asta poate duce la slăbirea sistemului imunitar. Dacă suntem stresați, răcim mai repede. Cei care indicaseră în prima etapă o rețea socială și emoțională puternică au fost mai puțin predispuși la boală, indiferent dacă în cele 14 zile de observație au avut sau nu parte de conflicte. Un rezultat similar a fost observat pentru cei care indicaseră în a doua etapă că au fost îmbrățișați des. Așadar – îmbrățișări contra răceală? Ar fi frumos să avem mai multe date pe subiect, până atunci rămân la tradiționala mea cantitate zilnică de îmbrățișări.

Sunt un om căruia îi place să se alinte, probabil că o moștenesc pe mama. Poate că am și moștenit una-alta, poate că și ea m-a giugiulit mult când eram copil. Și azi o face. Când îmi vizitez părinții, mă bucur și în prezent de multe pupături și îmbrățișări. La 12 ani, când am vizitat prima oară familia mamei în Vietnam, mi s-a aprins un beculeț de unde ar putea să vină toată giugiuleala asta. Eram după un zbor lung și o călătorie epuizantă cu un

autobuz care se legăna încolo și încoace pe străzile înguste și fără parapeți. Se însera și m-am dat jos obosită din mașină. Brusc, m-am trezit înconjurată de un cârd de oameni străini, care semănau cu mine. Strigau cu un amestec de bucurie și isterie, plângeau și mă luau în brațe, îmi asaltau fruntea cu pupături și nu-mi mai dădeau drumul. Probabil că este totuși o moștenire de familie. De fapt chiar îmi place și mi se pare foarte frumos, chiar dacă atunci, adolescentă fiind, mi s-a părut din cale afară de stânjenitor.

În timpul facultății mi s-a aprins al doilea beculeț, când am făcut cunoștință cu molecula oxitocină. Acest hormon joacă un rol important la naștere și alăptare, de exemplu ajută la contracția mușchilor pelvieni. De altfel, oxitocină vine din greaca veche și se traduce prin „naștere ușoară”. Oxitocina facilitează o relație strânsă între mamă și copil, este secretată când se sărută doi îndrăgostiți și în general este mereu pusă în legătură cu relațiile sociale și cu dragostea. Am concluzionat că în familia mamei mele se înregistrează niveluri crescute de oxitocină. Dar aceeași moleculă m-a învătat că efectul acestor hormoni nu este ușor de explicat.

Așa cum te-ai aștepta de la o moleculă atât de drăgălașă, oxitocina are o structură moleculară foarte simpatică, cred eu (vezi imaginea de la pagina 215).



Această structură chimică minunată, precum și titulatura de hormon al iubirii face ca oxitocina să se bucure

de mare căutare la țicniți și prietenii lor. Găsești de cumpărat cești cu oxitocină, pulovere cu oxitocină, chiar și lănțișoare cu oxitocină. Și pentru oamenii de știință oxitocina este un subiect de cercetare favorit.

În 1979 s-a realizat un studiu-etalon în care unor femele de șoareci virgine li s-a administrat oxitocină. Hormonul a trezit în animale un comportament matern și ele au început să se ocupe de puii altor mame, ca și cum ar fi fost ai lor. În 1994 s-a descoperit că oxitocina joacă un rol important în alegerea partenerilor la șoarecii de prerie. Aceștia nu simt doar drăgălași (căutați pe Google), dar sunt printre puținele mamifere care trăiesc monogam, adică rămân cu același partener până la sfârșitul vieții.

Ce mai tura-vura – oxitocina este o moleculă adorabilă.

Conform unui studiu elvețian, oxitocina îi face pe oameni mult mai încrezători. Cercetătorii i-au pus pe participanții la studiu să participe la un joc în care trebuiau să investească niște bani pe încredere. Participanții care inhalaseră înainte oxitocină au fost mult mai încrezători decât ceilalți participanți. Cercetătorii germani au stabilit că oamenii care se află sub influența oxitocinei mănâncă mai puține snackuri, ceea ce i-a făcut să presupună că oxitocina ar putea inhiba consumul de alimente, când de fapt nu îți este foame. Hormonul iubirii contra mâncării compulsive? Ar fi o terapie interesantă pentru cei supraponderali, dar pentru asta mai trebuie să cercetăm puțin.

Cercetările sunt diverse și nu tot timpul hormonul iubirii iese cu fața curată. Studiile mai noi indică faptul că oxitocina potențează amintirile neplăcute. În general, oxitocina pare să potențeze amintirile legate de interacțiunile sociale fie ele plăcute, cum ar fi primul sărut, sau neplăcute, cum ar fi umilința sau teama de a pierde omul iubit.

Așa cum au observat cercetătorii olandezi, în vreme ce oxitocina întărește relațiile umane, ea ar putea de asemenea să întărească mentalitatea de grup și excluderea anumitor persoane care nu gândesc la fel. Așa cum empatia și compasiunea ne fac să acționăm omenește, se

poate întâmpla să arătăm mai multă compasiune oamenilor care ni se aseamănă decât străinilor.

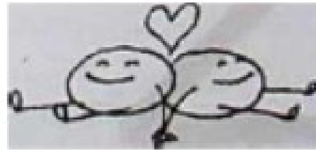
Ultimele cercetări sugerează că este depășit să numim oxitocina hormonul iubirii. Influența sa asupra comportamentului și interacțiunii sociale este de necontestat, doar că cuprinde atât părți pozitive, cât și negative. Probabil că este mai indicat să ne raportăm la oxitocină astfel: la toate semnalele, stimulii și informațiile care ne copleșesc în viața de zi cu zi, anumite informații sociale se pierd. Se poate să nu observ că Christine își face griji, în timp ce eu stau liniștită cu ea la masă, la cantină. Oxitocina acționează în acest caz ca un filtru. Printre altele, asigură secretarea unui neurotransmițător inhibitor pe nume GABA, de care ne vom ocupa mai intens în capitolul următor. Această inhibare a semnalului ne permite să percepem cu mai multă atenție anumite impulsuri sau indicii sociale.

De aceea, oxitocina este studiată în acest moment ca posibil adjuvant în autism. De regulă, persoanele cu autism au dificultăți să proceseze informațiile sociale, de exemplu le vine greu să citească o emoție pe baza trăsăturilor faciale. Până în prezent cercetările nu au avut o rată bună de reproducere și nu s-au înregistrat efecte la utilizări repetate. Dar pentru unii autiști, care au deja un nivel scăzut de oxitocină, un adaos al acestui hormon pare să dea rezultate promițătoare.

Interesant este faptul că se descoperă tot mai multe aspecte comune între oxitocină și alcool. În primul rând, este vorba despre efectele vizibile în exterior. Atât oxitocina, cât și alcoolul pot reduce anxietatea și stresul, potențând sentimentul de încredere și de generozitate. Dar ambele au părțile lor de umbră: agresiune, asumarea necontrolată de riscuri și o tendință de a favoriza propriul grup. Inclusiv efectele neurologice ale celor două molecule sunt surprinzător de asemănătoare. Și alcoolul potențează efectul inhibitor al neurotransmițătorului GABA, chiar dacă prin alt mecanism, despre care vom povesti pe larg în capitolul următor, în aceste condiții, putem spune că

expresia englezească „love drunk”, îmbătat de iubire, conține un sâmbure de adevăr.

Christine nu este *love drunk* după ce a vorbit la telefon cu Jonas. Primește în schimb de la mine o îmbrățișare drept consolare. În plus, ca să merg la sigur, îi mai torn și niște vin în pahar.



Pasiunea pentru obiectivitate



Stăm la masă voioși și cu burțile un pic cam prea pline, mai luăm câte o gură de vin și așteptăm prăjitura care se coace în cuptor. Paharul meu de vin este plin cu apă. Nu beau alcool, pentru că nu îl suport. 30 până la 40% dintre asiaticii din zona de sud-est sunt blestemați genetic să se înroșească și să se îmbete aproape instantaneu din cantități mici de alcool. Un prieten de-al nostru trăiește în China și ne povestește cum colegii chinezi îl obligă mereu să bea la întâlnirile de afaceri, pe motiv că este neamț și nu are probleme cu alcoolul. Deși mulți chinezi adulți nu rezistă la băutură mai bine decât mine, o parte dintre ei beau până cad jos, de parcă nu ar avea de ales. Recunosc că, atunci când avem musafiri la masă, eu și Matthias ne asigurăm că avem suficient alcool în casă. Ce gazde am fi altfel? Un chimist înțelege prin alcool o întreagă clasă de

substanțe. *Alcoolul* este un alcool specific, respectiv etanol. Toate alcoolurile au ceva în comun: sunt otrăvitoare. Unele mai mult decât altele. Dar nu doar ele sunt problema, ci și reziduurile din procesul de metabolizare. În general, alcoolurile se metabolizează prin oxidare, mai întâi în aldehidă, apoi în acid carbonic. Metanolul, fratele etanolului cu un carbon lipsă, ar fi mai puțin otrăvitor, dacă organismul nostru nu l-ar oxida în formaldehidă, care provoacă orbirea. Iar izopropanolul, alcoolul folosit cu precădere ca substanță dezinfectantă, când este băut provoacă dificultăți de respirație și probleme ale sistemului circulator.

Toate alcoolurile au o doză mortală. Comparativ cu celelalte, etanolul este încă relativ tolerabil, dar numai într-o anumită doză. Ca să nu moară otrăvit cu etanol, corpul are un mecanism de apărare: voma. Nici acesta nu este un lucru lipsit de pericole. Dacă ți-ai pierdut conștiința, poți risca să te îneci cu propria vomă.

De otrăvit se otrăvesc și cei care nu-și beau mințile.

Alcoolul este metabolizat în ficat. Sarcina acestuia este să scape de substanțele toxice. Un consum ridicat de alcool poate suprasolicita și afecta ficatul – iar asta este doar începutul unei liste lungi de probleme de sănătate, unele ireversibile. Inima și sistemul digestiv vă vor mulțumi la rândul lor dacă renunțați la alcool. În plus, nici nu vreau să mai amintesc de deciziile proaste pe care tinzi să le iei când ești beat mort.

În acest context, îmi consider intoleranta la alcool o binecuvântare și sper să pot transmite genele degenerate copiilor mei. Știu, par urâcioasă, dar credeți-mă că cine nu a băut niciodată nu regretă absolut nimic. Cu toate acestea, sunt mulți care mă compătimesc.

Puteți să-mi plângeți de milă, eu tot cred că gena mea mutantă este fascinantă. Ca să înțelegeți ce spun trebuie să înțelegeți bine ce se întâmplă cu etanolul în corp.

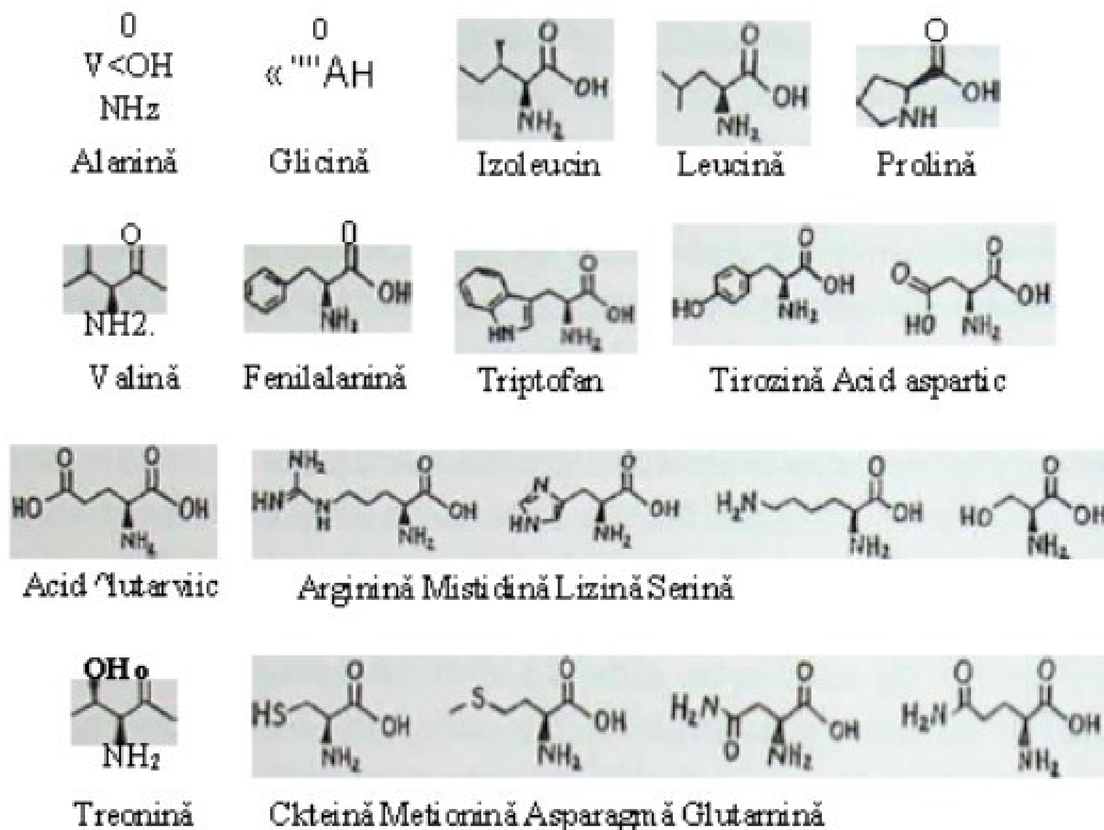
Cu ajutorul unei enzime pe nume alcool dehidrogenază, pe scurt ADH, etanolul este oxidat într-o substanță pe nume acetaldehidă. Pentru sănătate, acetaldehida este la fel de

dăunătoare precum etanolul. Este un mutagen, adică o substanță care poate distruge ADN-ul și poate cauza cancer. Acetaldehida este probabil motivul pentru care în studii se observă tot mai des o corelație între consumul de alcool și diversele cancere. De aceea corpul se străduiește să scape cât mai repede de această substanță dăunătoare. La rândul ei, acetaldehida este oxidată în acid acetic, respectiv în acetat, sarea acidului acetic. Abia atunci a fost eliminat pericolul, pentru că corpul poate excreta fără probleme acetatul sau îl poate transforma în energie. De aceea alcoolul are atâtea calorii.

Această oxidare a acetaldehidei în acetat se desfășoară cu ajutorul unei alte enzime. La majoritatea europenilor, această enzimă se numește aldehid-dehidrogenază-2, pe scurt ALDH2. La mine și la mulți asiatici din zona de sud-est, precum și la puțini nonasiatici din zona de sud-est, problema este că enzima arată cu totul altfel și asta este o foarte mare problemă.

Ca să înțelegem problema 2 trebuie să știm mai întâi cum arată în general enzimele. De-a lungul cărții am vorbit despre enzime în mai multe locuri, dar dacă vorbim despre alcool, este momentul perfect să clarificăm niște lucruri importante. Enzimele fac parte din clasa proteinelor, sunt formate din aminoacizi. Aminoacizii sunt molecule mici, formate în special din carbon, oxigen, hidrogen și azot. În total există douăzeci de tipuri de aminoacizi folosiți de corpul nostru pentru producerea de proteine (vezi imaginea de la pagina 222).

La prima vedere acest grafic poate părea complicat. Dar dacă înțelegem că toate proteinele noastre se compun doar din 20 de elemente și că aceste proteine influențează toate procesele biologice și chimice din corpul nostru, sistemul pare surprinzător de mic.



Într-o proteină, aminoazicii sunt legați printr-un lanț foarte lung. Enzima ALDH2 este formată dintr-un lanț de 500 de aminoacizi, înșirați într-o ordine precisă. Dar acest lanț nu este construit la întâmplare, ci foarte structurat, asemenea unui origami. La fel ca molecula de apă, și aceste lanțuri pot forma punți de hidrogen, o bucată de lanț cu alta, iar lanțul se pliază apoi în funcție de aceste bucăți. La prima vedere pare un ghem încâlcit. Dar, indiferent de felul aminoacizilor și de înșiruirea lor, fiecare proteină are o structură tridimensională caracteristică, iar această structură îi decide utilitatea.

Este un lucru deosebit de complex chiar și pentru cercetătorii care lucrează zilnic cu proteine. Ca să nu se încurce, aceștia împart structura în funcție de diverse aspecte: compoziția chimică a lanțului constituie așa-numita structură primară – aici este studiată doar secvența aminoacizilor, adică ordinea elementelor. Felul în care lanțul se curbează, se pliază, se așază și se încâlcește se descrie în structura secundară, terțiară sau cvartară.

Pare un turn lego: când te uiți doar la cuburile pe care le folosești și la ordinea în care le așezi, te referi la structura

primară. Turnul ca formă tridimensională este suprastructura. Dar legoul este mult prea simplu când vorbești de fapt despre proteine. La lego poți înlocui fără probleme cubul galben cu cel verde, iar turnul rămâne tot turn. Poți inversa două cuburi, că forma turnului nu se modifică. În schimb, aminoacizii sunt cuburi atât de sofisticate, că o variație cât de mică în secvența primară poate duce la schimbări majore în suprastructură.

Un bun exemplu îl constituie enzima mea „denaturată" ALDH2. În lanțul ei lung de 500 de aminoacizi, la mine, la poziția 487, un aminoacid este diferit – un singur cub schimbat. Acest aminoacid minuscul modifică punțile de hidrogen din enzimă, fapt care duce la o suprastructură modificată. Consecința: enzima mea nu poate metaboliza acetaldehida. Este inactivă.

În lipsa unei enzime active, oxidarea acetaldehidei în acid acetic nu este imposibilă, însă reacția se întâmplă foarte, foarte lent. Aceasta face ca acetaldehida să se depoziteze în organism după câteva guri de vin. Corpului nu îi place acest lucru și reacționează cu greață, palpitații ale inimii și o reacție caraghioasă: o culoare a pielii roșie ca focul, în special la față. Când am băut prima oară alcool în adolescență, am crezut că sunt alergică. Simptomele sunt cunoscute sub numele de „Asian Flush". Pentru mine, un motiv suficient să nu beau.

O singură dată m-am îmbătat (și nu am de gând să repet experiența). Am studiat la Mainz, unul dintre bastioanele carnavalurilor din Germania. Un locuitor din Koln, acolo unde carnavalul este rege, ar zâmbi subțire auzindu-mă, dar adevărul este că ultimele zile ale carnavalului sunt greu de suportat pentru un abstinent, chiar și în Mainz. De obicei, mi se pare neplăcut să fiu singura persoană trează într-un grup de oameni băuți. Am crescut totuși într-un orășel mic de provincie, în care nu prea aveai mare lucru de făcut la sfârșit de săptămână, decât să bei. Dar carnavalul reprezintă o altă ligă în ce privește îmbătatul. Chiar nu ai nicio șansă să scapi cu fața curată dacă rămâi treaz. Un lucru este foarte interesant: de

fiecare dată când sunt întrebată de ce nu îmi place carnavalul, răspund: „Fiindcă nu pot bea alcool”. Găsesc tot timpul foarte multă înțelegere când spun asta: „Ah, chiar te înțeleg. Fără alcool este îngrozitor”. Pe bune, ce spune asta despre ultimele zile de carnaval, dacă toți sunt de acord că nu ai cum să reziști treaz?

În orice caz, după ce în primii ani m-am refugiat mereu din Mainz, la vremea celui de-al cincilea anotimp, am hotărât în sfârșit să iau parte la procesiunea din Lunea Trandafirilor. După procesiunea de dimineață și câteva ore petrecute în club în miezul zilei, spre după-amiază am ajuns din greșeală într-un bar cu „oameni în vârstă”. Dacă stau să mă gândesc bine, probabil că nu aveau încă vârsta mea de acum. Aveam pe atunci 20 de ani, iar oamenii cu pricina lălăiau cântece pop nemțești. Dar nu aveam cum să plec, pentru că plătisem 10 euro intrarea, o avere pe vremea aceea. Fusesem prinsă în capcană! Am decis: venise vremea să mă îmbăt.

S-a dovedit mai complicat decât crezusem. Am încercat diverse băuturi alcoolice, pe care le dădeam prietenilor după prima înghițitură, pentru că gustul de alcool mi se părea scârbos. În ultimă instanță, etanolul este un solvent organic și chiar are gust de așa ceva. Alcoolul cu procent ridicat poate chiar să ardă, deoarece etanolul se leagă de receptorii de căldură, de aceeași receptori pe care îi activează și molecula de capsaicină din ardeii iuți. Acești receptori transmit către creier senzația de fierbințeală, iar acesta la rândul lui o traduce prin durere. Dar în vreme ce capsaicina imită fierbințeala, etanolul doar sensibilizează receptorii. El scade pragul de temperatură, iar receptorii de căldură resimt brusc temperatura corporală proprie ca fiind prea ridicată. Limba pare că ne ia foc. Aceasta doar ca o paranteză – să ne întoarcem la încercarea mea de a mă îmbăta.

O jumătate de oră și câteva înghițituri mai târziu – nu cred că, adunat, reușisem să beau o jumătate de pahar – am simțit nevoia să ies la aer. Cum am dat cu nasul de aerul proaspăt, m-am suprins vomitând pe pragul ușii. Apoi

mi-a fost mai bine și le-am declarat prietenilor că noaptea putea să înceapă! Zece minute mai târziu nu voiam decât să ajung acasă. Prietenii mei m-au condus, distrându-se pe seama mea, pentru că abia mă țineam pe picioare. Acasă am vomitat a doua oară. La șapte seara eram deja în pat. Așa se întâmplă când una dintre enzimele responsabile de metabolizarea alcoolului nu funcționează.

Alcoolul este otrăvitor și pentru propriul său producător, drojdiile. În timpul procesului de fermentare, drojdiile se hrănesc din zaharuri și carbohidrați și produc, printre altele, etanol. La o concentrație de alcool mai mare de 15%, celulele drojdiilor încep să nu se mai simtă în largul lor. În cele din urmă, mor în propriul produs metabolic. Destul de tragic, am putea spune. Din această cauză, alcoolul cu concentrație mare se obține doar prin distilare, prin creșterea concentrației de alcool prin evaporare și condensare.

*

Pentru că nu mă pot bucura de aburii alcoolului, îmi face plăcere să-i privesc pe cei băuți. Sunt un spectacol. Adevărul este că o adunătură de bețivi dezlănțuiți poate fi destul de amenințătoare, doar că de-a lungul mileniilor ne-am obișnuit atât de bine cu drogul alcool și tot ce presupune el. Interesant, dacă ne gândim cât de mult diabolizăm orice altă stare de euforie indusă chimic. Pe de altă parte, recunosc: o seară cu vin este mult mai distractivă decât una fără.

În special lui Dino, alcoolul pare să-i facă bine. De aproape două ore dă dovada unui umor spiritual, pe care îl ascunde în spatele tăcerii, când este treaz. De ce se întâmplă asta? Ce face molecula de etanol în corpul nostru, de ne simțim mai siguri pe noi și mai dezinhibați? Să ne uităm mai atenți la chimia beției.

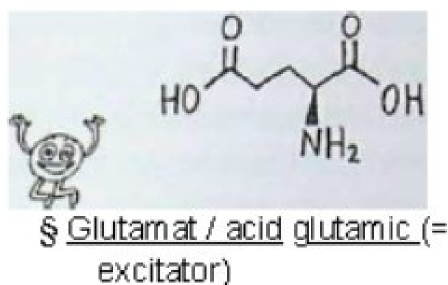
Alcoolul este absorbit prin stomac și prin intestinul subțire și ajunge în sânge. Majoritatea este livrată către ficat care declanșează metabolizarea enzimelor. O mică

parte este eliminată prin plămâni și împreună cu acetaldehida favorizează renumitul miros de alcool din respirație. Neplăcut pentru cei din jur, dar un indicator practic pentru poliție. Toate aceste procese nu sunt altceva decât încercarea rațională a corpului de a scăpa cât mai repede de alcool. Din păcate, nu poate ține pasul cu o viteză medie de băut, iar asta face ca alcoolul excedentar să ajungă prin sânge la creier. Iar aici începe distracția.

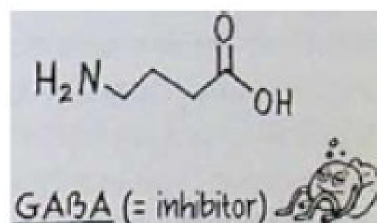
Alcoolul acționează asupra creierului ca un anestezic sau ca un calmant. Sună ciudat, mai ales când îți imaginezi bețivi care dansează pe masă. Deși bețivii se simt dezinhibați, la nivel neuronal alcoolul acționează ca un inhibitor. De fapt, alcoolul împiedică comunicarea dintre celulele noastre neuronale. Acestea comunică printr-un neurotransmițător – ne amintim de *Capitolul 7* și de serotonină. Aș vrea să vă prezint doi neurotransmițători noi, ca pe viitor să vă puteți înțelege mai bine propriul eu beat.

Molecula glutamat (sau acid glutamic) ne este cunoscută deja. Este unul dintre cei 20 de aminoacizi proteinogeni. Însă glutamatul funcționează și ca neurotransmițător excitator. Dacă glutamatul se leagă de receptorul său, el activează comunicarea dintre neuroni și astfel se transmit mai multe semnale.

Adversarul său este neurotransmițătorul inhibitor pe nume GABA, acidul gama-aminobutiric (iată-l din nou, neurotransmițătorul care stimulează secreția oxitocinei, hormonului iubirii… sau poate nu). Dacă GABA se leagă de receptor, comunicația este inhibată și se transmit mai puține semnale.



§ Glutamat / acid glutamic (= excitator)



GABA (= inhibitor)

Am vorbit deja de mai multe ori despre receptorii din cre

ier – vă aduceți aminte de comparația cu locul de parcare. Hai să ne uităm un pic mai atent, în contextul consumului de alcool. La fel ca multe lucruri din corpul nostru, și receptorii sunt compuși din proteine. Ni-i putem închipui ca pe un fel de tunel sau canal, închis în mod normal. Când neurotransmițătorul potrivit se leagă de receptor, aceste canale se deschid pentru un moment, iar ionii (de sodiu, potasiu, calciu sau clor) pot să circule liber. La fel ca la bateria telefonului mobil, prin circulația particulelor încărcate se obține o tensiune care stimulează neuronii să transmită semnale electrice. Dacă ionii sunt încărcați pozitiv, cationi adică, neuronii transmit semnale. Este cazul la receptorii de glutamat. Dacă ionii sunt încărcați negativ, anioni adică, semnalele sunt inhibate. Asta se întâmplă la receptorii GABA.

Acum însă intră în scenă etanolul, care dă totul peste cap. Molecula de etanol metabolizează atât cu receptorul gluta mat, cât și cu GABA. La receptorul glutamat, fluxul de ioni este inhibat. Efectul excitator al glutamatului este diminuat de alcool și neuronii transmit mai puține semnale. În urma interacțiunii dintre receptorul GABA și etanol, canalele rămân mai mult timp deschise și astfel circulă mai mulți ioni. Efectul inhibitor al GABA este potențat de alcool. Din această cauză, neuronii transmit mai puține semnale.

În concluzie, alcoolul ne încetinește creierul de două ori. Așa se explică de ce sub influența alcoolului dansăm dezlănțuiți pe mese – activitatea cerebrală redusă inhibă anxietatea socială și autocontrolul. Activitatea cerebrală scăzută are efecte și asupra abilităților motrice. Dacă neuronii noștri comunică mai puțin între ei, anumite lucruri cum ar fi mersul drept nu mai funcționează la fel de bine. Începi să te lălăi și reacționezi cu încetinitorul. Cu un creier încețoșat nu iei nici cele mai bune decizii – dacă ați fost vreodată beți, aveți cu siguranță exemple în acest sens. În general, gândești mai puțin, percepi și îți aduci aminte mai puține lucruri.

În circumstanțe normale, GABA reprezintă un neurotransmițător important, datorită efectului său

inhibitor. Este de la sine înțeles că avem nevoie de neuroni activi. Dar aici nu se aplică vorba „cu cât mai mult, cu atât mai bine”. GABA ne ajută să ordonăm informațiile și să diferențiem între stimuli. Fără efectul său inhibitor ne-ar fi greu să gândim clar și n-am face față excesului de stimuli. De aceea la epilepsie se prescriu medicamente care cresc concentrația GABA. Mă întreb uneori dacă nu cumva oamenii băuți gândesc clar, doar că foarte puțin, din cauza activității cerebrale reduse. Personal, nu am cum să îmi dau seama, dar se potrivește cu constatarea că bețivii repetă la nesfârșit aceeași idee sau părere.

Efectul alcoolului asupra creierului nu se oprește aici. Etanolul este responsabil de secreția crescută a unui alt neurotransmițător celebru, dar în același timp perfid: dopamina. Domeniul de acțiune al acestei molecule este extins: mișcarea, învățarea, concentrarea și emoțiile. Dopamina este unul dintre neurotransmițătorii cei mai importanți din sistemul nostru de recompensare: de fiecare dată când facem ce ne place, este secretată dopamină. Și mereu vrem mai mult. Mai multă dopamină însă duce la comportamente impulsive, dependență și pare să joace un rol important în schizofrenie. Odată ce se secretă dopamină, ai nevoie de autocontrol ca să nu te lași pradă euforiei și să nu îți torni încontinuu în pahar. Foarte greu, când partea creierului responsabilă de autocontrol este paralizată de alcool. Așa se explică de ce ne pare rău că am băut atât de mult abia a doua zi.

Matthias, Christine și Torben sunt doar un pic abțiguiți. Nu-i de mirare, doar am mâncat pe săturate. Dat fiind că etanolul ajunge în sânge prin stomac și prin intestinul subțire, un stomac plin poate încetini absorbția.

Asta dacă nu suferi de sindromul autofermentației alcoolice, o boală foarte ciudată. Există puține cazuri, și despre unul aș vrea să vă povestesc și eu.

Povestea începe în 2004 cu un american de vârstă mijlocie, care, după o operație la picior și un tratament cu antibiotice, a constatat că nu mai tolera la fel de bine

alcoolul, ca în trecut. După două beri mici era beat turtă. Mai mult, uneori se simțea amețit, chiar dacă nu băuse nimic. Soția lui, soră medicală, a început să îi măsoare alcoolemia: 3 la mie era o cifră frecventă. În Germania ești declarat în incapacitate absolută de conducere la 1,1, iar relativă deja la 0,3 la mie. În SUA, limita pentru conducătorii auto este la 0,8. Omul nostru dăduse de bucluc. Cuplul nu-și putea explica valorile și a început să caute după alcool ascuns în praline sau alimente similare, dar nu a reușit să ajungă la o explicație satisfăcătoare. Se pare că aveau o căsnicie solidă, soția nu l-a bănuit că trăgea pe ascuns la măsea. În 2009, bărbatul a ajuns la urgență – cu 3,7 la mie, o valoare îngrijorător de mare. Deși nu pusese gura pe alcool sau cel puțin așa pretindea. Medicii nu au crezut o iotă și au plecat de la premisa că omul bea pe ascuns.

Un an mai târziu, bărbatul s-a întors pentru o colonoscopie. Și atunci medicii au descoperit ceva ciudat: o ciupercă, pe numele ei *Saccharomyces cerevisiae,* cunoscută și sub denumirea de drojdie de bere. Așa cum îi spune și numele, aceasta este folosită la producerea berii. Ea nu are ce căuta în sistemul nostru digestiv. Omul avea o berărie în burtă? Asta ar da sintagmei „burtă de bere” noi înțelesuri.

Medicii au cercetat mai atent cazul. În aprilie 2010, americanul a fost internat 24 de ore în spital pentru investiga ții suplimentare. Desigur că l-au controlat înainte, ca să fie siguri că nu introduce pe ascuns alcool în spital. Lumea încă se uita la el cu neîncredere. Medicii l-au pus să înghită apă cu zahăr și i-au dat să mănânce mai multe snackuri cu mulți carbohidrați. Și ce să vezi: pe la amiază bietul om era beat turtă – cu 1,2 la mie. Drojdia lui de bere transformase carbohidratii în etanol. Sindromul autofermentatiei alcoolice este denumirea inspirată a acestui fenomen. Cazurile sunt atât de rare, încât, în afara câtorva exemple izolate, nu există cercetări științifice precise. Din câte știu, omului nostru îi merge iarăși bine. A reușit să rezolve problema cu un amestec de fungicide și cu

o alimentație săracă în carbohidrați. Mă bucur că nu sufăr de așa ceva, vă dați seama ce ironia sortii ar fi.

— Mai, spune Dino. Mi se pare extraordinar ce faci, cum încerci să le stârnești oamenilor interesul pentru chimie... dar aș vrea să-ți pun o întrebare incomodă.

Christine se apleacă relaxată în față. Întâi glume, acum întrebări incomode. Alcoolul face minuni.

— Nu poți continua să motivezi tinerii fără să le arăți exact în ce se bagă. Nu au cum să studieze toți chimia. Ar fi o catastrofă.

Râdem cu toții, dar Torben are cumva dreptate. Să mă explic.

Să stârnesc interesul pentru chimie este unul dintre obiectivele pe care le urmăresc cu convingere. Primesc multe mesaje și comentarii care mă bucură. Tinerii îmi scriu că până să vadă videoclipurile mele nu se interesaseră niciodată nici măcar de științele naturii, necum de chimie. Unii îmi scriu că vor începe curând un stagiu de pregătire sau studiile universitare și mă numesc cu generozitate sursa lor de inspirație și de motivație. Astfel de mesaje mă motivează și pe mine.

Dar de ce este atât de important?

Se spune mereu că avem nevoie de mai mult MINT, adică de matematică, informatică, științele naturii și tehnică (deci de toate lucrurile faine din lumea asta). Se spune că nu există specialiști, lucru care desigur că nu este o motivație convingătoare. În plus, situația actuală de pe piața muncii se poate oricând schimba. De ani întregi, chimia câștigă anual peste 10.000 de studenți. În 2017 au fost peste 11.000 de boboci, mai mulți ca niciodată. Peste 2.000 de chimisti și chimiste au primit în 2017 titlul de doctor. Se caută ucenici pentru stagii de pregătire în meserii din industria chimică, dar la nivelul chimiștilor cu studii superioare nu există în acest moment o lipsă de specialiști.

— Nu-mi doresc neapărat să conving oamenii să urmeze o carieră în domeniul chimiei, spun eu.

Acesta este doar un efect secundar al misiunii mele.

— MISIUNEA MEA! strigă Matthias și Christine în același timp și își ciocnesc paharele.

Amândoi mă cam iau uneori peste picior, când vine vorba de „misiunea mea”. Sună patetic și un pic cam serios pentru gustul meu. Dar nu-i de glumă. Ambii știu asta și mă sprijină în tot ce fac.

Din punctul meu de vedere, să spui că avem nevoie de MINT pentru că ne lipsesc specialiștii este o motivație pe termen mult prea scurt. Aceasta ar însemna că nu ar mai trebui să atragem tinerii spre MINT, odată ce am acoperit toate nevoile de pe piața muncii. În acest moment nu ar trebui să mai stârnim nimănui interesul pentru chimie, doar avem destui chimiști cu studii. O prostie. Eu cred că avem nevoie de MINT, pentru că matematica, informatica, științele naturii și tehnica constituie o parte importantă din viața noastră, despre care ar trebui să știm mai multe lucruri! Și nu trebuie neapărat să studiezi pentru asta.

Nu contează dacă nu ai ales chimia ca obiect de studiu la școală (te iert). Nu contează nici dacă ți se pare că fizica e mai tare decât chimia (te iert și pe tine, dar ar trebui să știi că doar începătorii trasează limite între științele naturii). Și nu-i bai dacă vrei să te faci tâmplar sau să studiezi istoria artei! Chimia poate fi un hobby la fel de bun ca fotbalul sau chitara. *Fiecare dintre noi* ar trebui să știe mai multe despre chimie.

Dar eu nu-mi doresc ca oamenii să învețe chimie ca să știe mai multe. Ați învățat în această carte multe lucruri, de la modelul particulelor la termodinamică, de la modelul atomic la regula octetului, de la legături chimice și punți de hidrogen, oxidări și reducții, neurotransmițători și hormoni, tenside și fluoride, teobromină și cofeină – aș putea să povestesc din nou cum mi-am petrecut ziua, doar cu alte exemple din chimie. Același lucru se poate face și cu exemple din biologie sau fizică. Nu contează cu ce rămâneți din această carte, odată ce v-ați infestat cu spiritul științific. Aceasta este în principiu misiunea mea: mai mult spirit științific! Arma mea este chimia, dar există multe altele.

Toate științele au la bază același *spirit.* Din păcate nu există în această limbă un cuvânt care să descrie bine ce înțeleg eu prin spirit. De aceea permiteți-mi să mă explic.

Spirit științific înseamnă să nu iei lucrurile ca pe ceva de la sine înțeles, ci să observi lumea, ca și cum ai vedea-o pentru prima oară. Să cauți scânteia de magie din lucrurile pe care le știi deja. Spiritul științific este acel moment în care ții între palme cana de cafea și te gândești: „Hm. Numai molecule. Ce tare!”

Spiritul științific înseamnă să descoperi frumusețea în miezul lucrurilor, să privești florile prin ochii lui Richard Feynman. Să observi cum cu fiecare descoperire științifică se nasc noi întrebări, alte minuni și se înmulțește frumusețea.

Spirit științific înseamnă să dai crezare studiilor controlate, randomizate, în care cercetătorii și cercetătoarele devin anonimi, pentru că știu că așteptările personale ne pot încețoșa uneori gândirea critică.

Spirit științific înseamnă curiozitate nestăvilită, pe care nu o poate opri nici cea mai puturoasă moleculă din lume.

Spiritul științific înseamnă bucuria complexității și respingerea răspunsurilor simple. Cine descoperă chimia pentru sine și devine pasionat să înțeleagă implicațiile chimice, nu doar că-și îmbogățește viața și cotidianul, dar va dezvolta la rândul său o pasiune pentru complexitate.

Spiritul științific presupune o pasiune pentru cifre și fapte. Ai nevoie să-ți înțelegi propriile prejudecăți și să-ți dezvolți o perspectivă critică asupra propriilor păreri, care să-ți permită să fii dispus să le schimbi, când faptele o cer. Faptele și părerile proprii nu pot fi tratate la fel. La unele dezbateri politice îmi pun mâinile în cap și mă întreb: „De ce nu poți fi emoțional și în același timp obiectiv?” Dar când mă uit la unii dintre colegii mei, oameni de știință, nu pot să nu mă întreb și: „De ce nu poți fi obiectiv și în același timp pasional?” Obiectivitatea nu presupune neapărat lipsa emoțiilor. Ce cer eu este o pasiune pentru obiectivitate!

— Beau pentru asta, spune Christine și ridică paharul,

pentru mai multă pasiune pentru obiectivitate!

— Pentru mai multă pasiune pentru obiectivitate! repetăm noi, paharele se ciocnesc, atomii se ciocnesc la rândul lor, undele sonore se propagă, împing aerul din cameră, iar moleculele ne dansează în urechi.

